REC'D DEC 2 1 1964

MUSEUM OF NATURAL HISTORY
DEPARTMENT OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY
REYKJAVÍK

MISCELLANEOUS PAPERS No. 39

C^{14}-aldursákvarðanir á sýnishornum varðandi íslenzka kvarterjarðfræði

C^{14} DATINGS OF QUATERNARY DEPOSITS IN ICELAND

BY
GUÐMUNDUR KJARTANSSON, SIGURDUR THORARINSSON
and THORLEIFUR EINARSSON

LIBRARY
BOREAL INSTITUTE

REPRINTED FROM NÁTTÚRUFRÆDINGURINN
Vol. 34, 1964, pp. 97–145

POLAR
PAM
1665
POLARPAM

Pam: 550.93: (*35) KJA

Náttúrufr. — 34. árgangur — 3. hefti — 97.—160. síða — Reykjavík, sept. 1964

Guðmundur Kjartansson, Sigurður Þórarinsson og Þorleifur Einarsson:

C^{14}-aldursákvarðanir á sýnishornum varðandi íslenzka kvarterjarðfræði

Sigurður Þórarinsson:

Inngangsorð

Fyrir um tveimur áratugum, undir lok annarrar heimsstyrjaldarinnar, fann bandarískur kjarnvísindamaður, Willard F. Libby, upp tímatalsaðferð, sem brotið hefur nýtt blað í sögu kvarterjarðfræði og fornleifafræði, og færði höfundinum Nóbelsverðlaun fyrir afrek sitt, árið 1960. Þessi aðferð er nefnd C^{14} (les: sé fjórtán eða karbón fjórtán) aðferðin, en Carbon er vísindaheiti frumefnisins kolefnis.

Grundvöllur aðferðarinnar er eftirfarandi: Vegna sífelldrar skothríðar geimgeisla á gufuhvolf jarðar myndast stöðugt órafhlaðnar eindir, neutrónur, einkum í efri lögum gufuhvolfsins. Þessar neutrónur, sem myndast vegna kjarnaklofnings í atómum lofttegunda, bindast nær allar atómum venjulegs köfnunarefnis, N^{14}, sem hefur atómþyngdina 14, en eftir að hafa bundið sig við eina neutrónu er atómþyngd þess orðin 15, en það heldur sama sæti í frumefnaröðinni og sömu eiginleikum og venjulegt köfnunarefni. Það er sem sé orðið þungt köfnunarefni, N^{15}. Kjarni þessa þunga köfnunarefnis er sjálfkleyfur. Úr honum losnar þegar ein rafhlaðin eind eða prótóna. Við það verður þyngdin aftur 14, en kjarninn hefur misst eina hleðslu og er nú orðið úr þessu samsæta (ísótóp) kolefnis, og nefnist C^{14} eða $Carbon^{14}$.

Þessi kolefnissamsæta bindst súrefni eins og venjulegt kolefni og myndar koltvíildi (koldíoxýð CO_2), sem í venjulegu tali er nefnt kolsýra, og hagar sér eins og venjulegt koltvíildi, er hefur kolefnissamsæturnar C^{12} og C^{13} í mólekúlum sínum. Við kolsýrunámið taka plönturnar til sín C^{14} ásamt hinum kolefnissamsætunum og mynda kolvetni, en dýr fá C^{14} í sig úr plöntunum.

BOREAL INSTITUTE
LIBRARY
44839

Sá er munur á C^{14} atómum og öðrum kolefnisatómum, að þau eru sjálfkleyf eða geislavirk, senda frá sér elektrónur og breytast við það í venjulegt kolefni. En þessi breyting er hægfara. Helmingunartími C^{14} hefur verið talinn 5568 ± 30 ár, en samkvæmt allra nýjustu rannsóknum er talið hann geti verið nær 5700 árum.

Í lifandi plöntum er ákveðið hlutfall milli geislavirks kolefnis og venjulegs kolefnis, það sama og í andrúmsloftinu, en talið er, að það haldist nær óbreytt í tugþúsundir ára. Þó varð hér nokkur breyting á í sambandi við iðnvæðingu þá, er hófst í byrjun 19. aldar og hafði geysilega aukningu kolabrennslu í för með sér. Var ekki tekið tillit til þessara áhrifa, s. k. „Suess effect", á fyrstu árum aldursákvarðana með C^{14} og hefur síðar orðið að leiðrétta þær ákvarðanir.

Meðan plönturnar eru lifandi helzt hlutfallið milli C^{14} og venjulegs kolefnis í þeim óbreytt, hið sama og í andrúmsloftinu. En um leið og plantan deyr hættir hún að taka í sig kolefni, en það geislavirka kolefni, sem fyrir er í henni, heldur áfram að klofna. Að 5568 árum liðnum er C^{14} magnið minnkað að helmingi, að 11136 árum liðnum minnkað niður í einn fjórða, o. s. frv.

Tímatalsaðferð Libbys byggist á því að mæla hlutfallið milli geislavirks og venjulegs kolefnis í sýnishorni því, sem aldursákvarða skal. Hægt er að ákvarða aldur flestra hluta af lífrænum uppruna, sem innihalda kolefni, t. d. viðar, mós, eðju, skelja, korns, hárs og beina. Þarf mikla nákvæmni við aldursákvarðanir, því magn C^{14} er ekki nema einn billjónasti hluti af magni venjulegs kolefnis, og lengd helmingunartímans setur aðferðinni einnig takmörk. Er ekki hægt að aldursákvarða með viðunandi nákvæmni, ef aldur sýnishornanna er meiri en 25000 ár. Hinn ákvarðaði aldur, sem venjulega er miðaður við árið 1950, nema annars sé getið, er því uppgefinn með mismunandi miklu mögulegu fráviki. Sé t. d. aldurinn gefinn 1500 ± 200 ár, þýðir það, að 70% líkur eru fyrir því, að aldurinn sé meiri en 1300 en minni en 1700 ár. Endurteknar aldursákvarðanir með sömu niðurstöðu auka að sjálfsögðu líkurnar fyrir því, að aldursákvörðunin sé rétt. En auk skekkju í sjálfum mælingunum getur einnig verið um skekkju að ræða vegna breytinga á sýnishornum síðan þær lífverur dóu, sem aldursákvarða skal. T. d. eru mósýnishorn varasöm að því leyti, að rætur lifandi jurta geta hafa teygt sig niður í það lag, sem sýnishornið var tekið

úr, löngu eftir myndun þess, og valdið því, að sýnishorn mælist yngra en það raunverulega er. Þar sem jarðvegur er kalkblandinn er varasamt að treysta aldursákvörðun á skeljum, því kalk getur hafa sezt utan á skeljarnar löngu eftir að skeldýrið dó. Ítrasta hreinlætis verður að gæta við töku sýnishorna og þau mega t. d. ekki komast í snertingu við vax, formalín eða vínanda. Ber að þurrka sýnishornin svo fljótt sem auðið er eftir töku þeirra og varðveita þau í loftþéttum umbúðum. Öruggust er aldursákvörðunin á hreinu koli.

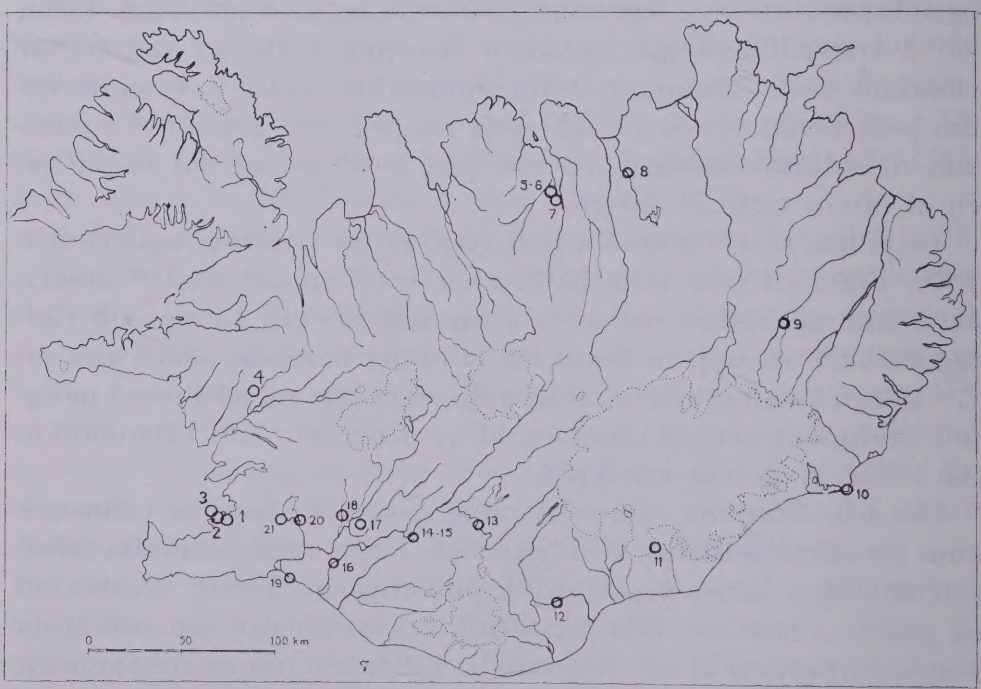
Hér á landi hefur viðarkol víða myndazt, þar sem hraun hefur runnið yfir gróðurlendi og er slíkt kol sérstaklega heppilegt til aldursákvörðunar þar eð litlar líkur eru á því, að það hafi óhreinkazt eða blandazt eftir að það myndaðist. Aldur á slíku koli er sami og aldur hrauns þess, sem sveið gróðurinn og myndaði kolið. Erum við kvarterjarðfræðingar þakklátir hverjum þeim, er var verður viðarkols undir hrauni og lætur einhverjum okkar í té vitneskju um það. Benda má á, að ekki þarf nema 2.5—3 grömm af hreinu koli til aldursákvörðunar. Af viði þarf 8—12 gr., af mó 10—20 gr. en af ófúnu torfi 20—40 gr.

Telja má, að C^{14} aðferðin hafi verið orðin sæmilega nothæf árið 1949. Fram til þess tíma hafði ekki verið unnið að C^{14} aldursákvörðuninni annars staðar en á rannsóknarstofu Libbys við Chicagoháskóla, en upp úr þessu fór rannsóknarstofum, sem vinna að C^{14} aldursákvörðunum, ört fjölgandi, og er þær nú að finna í mörgum löndum og margar í sumum. M. a. er ein starfandi í Danmörku, ein í Noregi og tvær í Svíþjóð.

Hér á landi er enn engin slík rannsóknarstofa, enda vart tímabær enn. En allmörg íslenzk sýnishorn hafa þegar verið aldursákvörðuð erlendis, flest þeirra í jarðfræðilegum tilgangi. Fyrsta sýnishornið og það, sem fyrst var aldursákvarðað, var sent héðan sumarið 1950. Það var sýnishorn af mó, tekið undir Elliðaárhrauninu, rétt sunnan við brýrnar. Var það hollenzkur jarðfræðingur J. Hospers, sem tók þetta sýnishorn, með aðstoð Jóhannesar Áskelssonar, og sendi hann það til dr. Libbys, sem aldursákvarðaði það, en tilgangur Hospers var að fá vitneskju um aldur Elliðaárhraunsins vegna þeirra rannsókna á segulstefnu í íslenzku bergi, sem hann þá vann að, en á því sviði vann Hospers merkilegt brautryðjandastarf hérlendis. Vorið 1951 sendi Sigurður Þórarinsson eitt sýnishorn viðar-

kols undan Laxárhrauni yngra og tvö mósýnishorn norðan úr Eyjafirði til rannsóknarstofu við Yale háskóla fyrir milligöngu prófessors R. F. Flints, hins kunna kvarterjarðfræðings, sem þá var formaður þeirrar bandarísku sérfræðinganefndar, er valdi sýnishorn frá ýmsum löndum til aldursákvörðunar. Árið eftir sendi Guðmundur Kjartansson sýnishorn af kolinu úr Laxárgljúfri til rannsóknarstofu við Manitóbaháskólann í Winnipeg, fyrir milligöngu prófessors Áskels Löve. Verður vikið að þessum aldursákvörðunum hér á eftir.

Á þeim árum, sem síðan eru liðin, hafa íslenzkir kvarterjarðfræðingar fengið allmörg sýnishorn aldursákvörðuð erlendis og notið við það góðrar fyrirgreiðslu margra rannsóknastofnana, sem skylt er að þakka.



1. mynd. C^{14}-aldursákvarðanir á Íslandi. Staðirnir eru tölusettir eins og í eftirfarandi greinum. 1: Elliðaár, 2: Reykjavíkurflugvöllur, 3: Seltjörn, 4: Grábrókarhraun (Hreðavatn), 5–6: Moldhaugar, 7: Bandagerði, 8: Laxá, 9: Aðalból, 10: Stokksnes, 11: Skeiðarársandur, 12: Landbrotshraun, 13: Krókslón, 14–15: Rangárbotnar, 16: Þjórsárbrú, 17: Hellisholtalækur, 18: Brúará (Spóastaðir), 19: Stokkseyri, 20: Sog, 21: Nesjahraun.

Radiocarbon datings in Iceland. Places are numbered as in the following articles.

Hafa allmörg þessara sýnishorna fengist aldursákvörðuð ókeypis, en aðrar aldursákvarðanir verið borgaðar, en slík aldursákvörðun kostar nú um 4000 ísl. kr. Erlendir jarðfræðingar, sem hér hafa dvalizt við rannsóknir, hafa látið aldursákvarða nokkur sýnishorn. Er nú svo komið, að erfitt er að henda reiður á öllum þessum sýnishornum og aldri þeirra og þótti þeim, er að þessari ritgerð standa, ástæða til að taka saman heildaryfirlit yfir þessar aldursákvarðanir. Fer það hér á eftir. Í þessu yfirliti er gerð stutt grein fyrir því, í hvaða tilgangi hvert sýnishorn um sig var tekið til aldursákvörðunar og einnig er drepið á niðurstöður, sem draga má af hinum ákvarðaða aldri, þar sem þess þykir þörf.

Sérhver aldursákvörðun hefur einkennisstaf þeirrar rannsóknastofu, sem aldursákvörðunina framkvæmdi, ásamt númeri, og er þetta samkvæmt alþjóðareglum, sem settar hafa verið um þetta, til þess að forðast rugling á tilvitnunum. Einnig fylgir hverri aldursákvörðun skrá yfir þær ritgerðir, þar sem hennar hefur verið getið. Eitthvað mun þó vanta á, að sú skrá sé tæmandi.

Í greinunum sem hér fara á eftir segja Guðmundur Kjartansson, Sigurður Þórarinsson og Þorleifur Einarsson yfirleitt hver frá þeim aldursákvörðunum, sem hann hefur sent efni til, en að síðustu er einnig getið þeirra, sem aðrir jarðfræðingar standa að.

Staðirnir, þar sem aldursákvarðanir hafa verið gerðar, eru allir sýndir á kortinu (1. mynd) og tölusettir þar eins og í texta.

Heimildaskráin aftast er sameiginleg fyrir allar greinarnar.

Guðmundur Kjartansson:

Aldur nokkurra hrauna á Suðurlandi

Mór undir Þjórsárhrauni hjá Þjórsárbrú (16)
8065 ± 400 ár (W-482)
8170 ± 300 ár (W-913)

Þjórsárhraun er eitt hið elzta eða allra elzt og langsamlega stærst af svonefndum Tungnárhraunum. En þau eru öll upp komin úr gossprungum á eldstöðvabelti, sem liggur í stefnu NA-SV yfir

Tungná hjá Hófsvaði. Þaðan hefur Þjórsárhraun runnið um 130 km veg alla leið út í sjó hjá Eyrarbakka og Stokkseyri. Það þekur væntanlega stór svæði á Landmannaafrétti niður með Tungná og Þjórsá, en er þar alhulið af yngri Tungnárhraunum. En þegar kemur niður í byggð, liggur Þjórsárhraun ýmist bert eða aðeins hulið lausum jarðlögum, mest roksandi og grónum jarðvegi. Í þeim búningi nær það yfir mestan hluta Landsveitar, sneið af Gnúpverjahreppi, mestöll Skeiðin og Flóann nema Villingaholtshrepp (3. mynd).

Hjá Þjórsárbrú fylgir Þjórsá austurjaðri Þjórsárhrauns, hefur grafið undan honum og brotið hann niður. Sumarið 1939, 28. júlí, fann ég þar mó undir hrauninu (Guðm. Kjartansson 1943). Hann er aðeins lítil linsa, 30 cm þykk nálægt miðju og þynnist þaðan út í ekki neitt á fáeinum metrum. Undir mónum er allhörð sandhella, en fast yfir honum liggur hraunið, og er neðra borð þess litað mýrarauða. Þarna hefur Þjórsárhraun runnið yfir mýrarblett, og má ætla, að þar hafi þá mór enn verið að myndast og sé því óverulegur aldursmunur á hrauninu og efsta lagi mósins. Mólagið liggur í 33 m hæð yfir sjó.

Við fyrstu komu mína að þessum mó skar ég úr honum kökk þvert yfir linsuna. Sá mókökkur var löngu síðar fyrir milligöngu prof. Áskels Löve tekinn til C^{14}-aldursákvörðunar af dr. Meyer Rubin í Geological Survey í Washington. — Niðurstaðan barst mér í árslok 1956: 8065 ± 400 ár.

Þetta var mun hærri aldur en mig varði. Ég hafði, t. d. í erindi í Vísindafélagi Íslendinga 17. marz 1950 og í útvarpserindi ári síðar, gizkað á, að Þjórsárhraun væri 5—7 þúsund ára, og Sigurður Þórarinsson skrifar nokkru síðar: „Fullyrða má nú, að ... hraunið í Flóanum sé eldra en 4000 ára, en líklega ekki meira en 6000 ára." (Sig. Þórarinsson 1954b, bls. 55).

Ég hafði merkt efri enda mókakkarins, þann sem lá fast að hrauninu, og lagt svo fyrir, að efni til C^{14}-greiningar yrði tekið af þeim enda og ekki lengra niður en með þyrfti. Nú varð mér ekki grunlaust, að einhver mistök hefðu átt sér stað, t. d. merkið týnzt af sendingunni og efni til greiningarinnar verið tekið af neðanverðum kekkinum, jafnvel af neðri endanum, sem er vitaskuld eldri en efri endinn. Um þetta átti ég nokkur bréfaskipti við dr. Rubin, sem sannfærði mig um, að rétt hefði verið að farið,

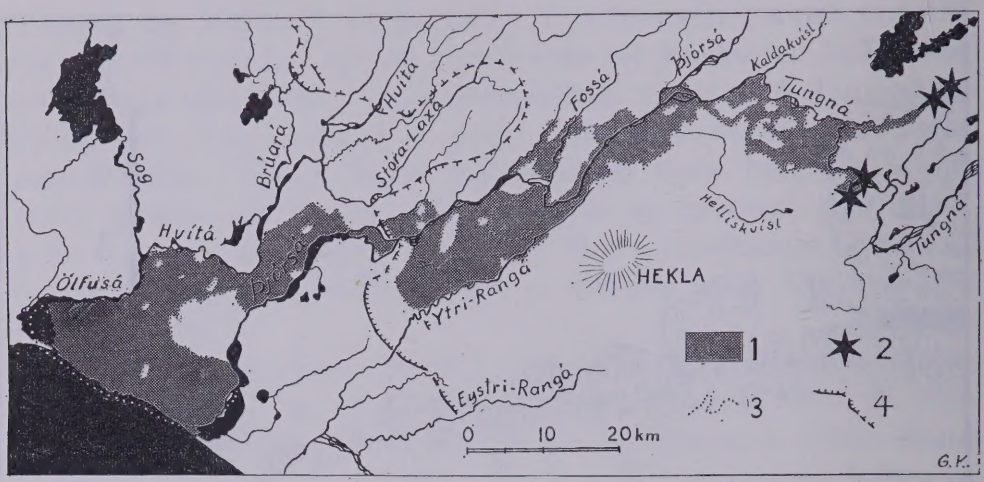
2. mynd. Vesturbakki Þjórsár hjá Þjórsárbrú. — I: sandhella og möl, hálfhörðnuð áreyri. II: mór, yfirborðslag hans aldursgreint. III: Þjórsárhraun. IV: urð, ættuð úr hrauninu. V: gróinn jarðvegur. VI: mannvirki, vatnsból.
Section of the right bank of Thjórsá. — I: River gravel. II: Peat (radiocarbon dating from top-layer). III: Thjórsá Lava. IV: Talus, blocks fallen down from the lava-edge. V: Soil. VI: Artificial wall.

en bauðst samt til að aldursgreina fyrir mig annað sýnishorn til frekara öryggis. Því boði tók ég feginsamlega, og sendi nú aðeins 4 cm þykka flögu, tekna af yfirborði mólagsins 28. okt. 1959.

Ári síðar barst mér niðurstaðan: 8170 ± 300 ár.

Niðurstöður beggja C^{14}-greininganna eru að kalla ein og hin sama, því að miklu minna ber á milli en nemur þeirri skekkju, sem rannsóknarstofan gefur upp, að greiningaraðferðin kunni að hafa í för með sér. Þjórsárhraun, sem þarna hefur runnið yfir mýri, er vitanlega ívið yngra en efsta lag hennar, en sá munur nemur vart meira en nokkrum áratugum eða einni öld. Getum við því haft fyrir satt, að það hafi runnið fyrir mjög nálægt 8 þúsundum ára (Guðm. Kjartansson 1958 og 1960).

Vegna þess hve Þjórsárhraun er víðáttumikið og í snertingu við margar aðrar jarðmyndanir, t. d. önnur hraun, er aldursákvörðun þess mikilvæg fyrir jarðsögu alls héraðsins. Af henni getum við



3. mynd. Tungnárhraunin (að meðtöldu Þjórsárhrauni). — 1: Tungnárhraun. 2: upptakagígar Tungnárhrauna. 3: hraunjaðar. 4: Búðaröðin.
The Tungná Lavas (including the Thjórsá Lava). — 1: Tungná Lavas. 2: Craters that have produced Tungná Lavas. 3: Lava-edge. 4: Ice-marginal line of the Búdi stage.

nú markað, að þær jarðmyndanir, sem liggja undir Þjórsárhrauni, eru eldri en 8 þús. ára, en þær, sem liggja yfir því, eru yngri. Fróðleg dæmi um þetta yrði hér of langt mál upp að telja, og skal aðeins getið tveggja stórviðburða, jarðsögulegra, sem þessi aldursákvörðun hjálpar til að tímasetja.

Á svonefndu Búðaskeiði í ísaldarlokin lá rönd ísaldarjökulsins við ruðningsgarða þá, sem raktir hafa verið um þvert Suðurlandsundirlendið og nefndir Búðaröðin. Þeir kaflar Búðaraðarinnar, sem liggja lægra en um 90 m yfir núverandi sjávarmáli, eru sjóvelktir — og vafalítið myndaðir í sjó. Alllengi hef ég nú haldið fram þeirri skoðun, að Búðaskeiðinu hafi lokið fyrir aðeins um 10 þús. árum og þá fyrst hafi jökulröndin hörfað frá Búðaröðinni (Guðm. Kjartansson 1943, 1958 og 1961a). Með þeim aldursákvörðunum á fornskeljum, sem Þorleifur Einarsson fjallar um í grein sinni hér á eftir, er loks fengin staðfesting á þessari skoðun.

Upptök Þjórsárhrauns við Tungná liggja langt (um 75 km) að baki Búðaröðinni. Þau eru einmitt í þeim landshluta, þar sem margt bendir til, að síðasti ísaldarjökullinn hafi lengst haldið velli (Guðm. Kjartansson 1957 og 1964). Samt hlýtur hraunið að hafa komið þarna upp — eða a. m. k. runnið þaðan alla leið til sjávar

— á jökullausu landi. Af þessu má ráða, að fyrir 8 þús. árum hafi litlar sem engar leifar af eiginlegum ísaldarjökli verið eftir hér á landi.

Þjórsárhraun endar í sjó og ber þar alls staðar með sér, að sjórinn hefur aldrei náð lengra eða hærra upp á það en hann gerir á vorum dögum. Af þessu er ljóst, að fyrir 8 þús. árum hafði sjórinn fjarað af Suðurlandsundirlendinu a. m. k. niður að núverandi sjávarmáli.

Fjörumór yfir Þjórsárhrauni hjá Stokkseyri (19) 1910 ± 250 ár (W-909)

Hinn 15. september 1954 vísaði Sigurgrímur Jónsson, bóndi í Holti, mér á mó í fjörunni undan Hraunsárósi vestan við Stokkseyri og fylgdi mér sjálfur á staðinn. Þarna er hraunströnd, sem kunnugt er, og öll úr hinu mikla Þjórsárhrauni, sem hér að framan hafa verið sögð nokkur deili á. Mórinn var mjög hulinn sandi, en lá þó ber á litlum bletti, um 40 cm neðan þeirra marka, sem sjór hafði fallið að í síðasta flóði. Þar grófum við gryfju í móinn, 110 cm djúpa. Var þá enn mór í botni hennar, en dýpra komumst við ekki fyrir vatnsaga. Á öðrum stöðum rétt hjá, þar sem við grófum niður úr sandi og mó, var miklu grynnra á hrauninu, sem þarna liggur eflaust alls staðar undir mónum, enda standa hraunklappirnar upp úr í fjörunni báðum megin við árósinn og í skerjagarðinum fram undan.

Ég tók mókökk úr botni dýpstu gryfju okkar Sigurgríms — þ. e. um 150 cm undir flóðmörkum. Í honum miðjum var örþunnt svart öskulag. Neðri hlutann, undir öskulaginu, sendi ég dr. Rubin til C^{14}-greiningar í Washington, og var henni lokið í nóvember 1960. Niðurstaðan, 1910 ± 250 ár, er hér birt fyrsta sinni.

Að óreyndu hefði ég gizkað á miklu hærri aldur. Ég hafði talið sennilegt, að mór hefði tekið að myndast ofan á Þjórsárhrauni fljótlega eftir að það rann, og þetta sýnishorn væri úr neðstu og elztu lögum þess mós. Sá fróðleikur, sem ég hafði helzt vænzt af þessari aldursákvörðun, var sá að finna lágmarksaldur Þjórsárhrauns. Sú von brást algerlega, því að engum mun hafa dottið í hug, að Þjórsárhraun væri minna en 2000 ára gamalt.

Aftur á móti er fróðlegt að vita, að fyrir aðeins um 2000 árum —

um Krists burð — var þar mýri og myndaðist mór, sem nú er Stokkseyrarfjara neðan við hálffallinn sjó.

Áður en mókökkurinn úr gryfju okkar Sigurgríms var sendur vestur um haf, tók Jón Jónsson jarðfræðingur úr honum tvö sýnishorn til greiningar á díatómeum (kísilþörungum), annað, A, úr neðri enda, hitt, B, 10 cm ofar. Flórulisti Jóns, sem telur yfir 50 tegundir, verður ekki birtur hér. En með hans leyfi verður upp tekin niðurstaða hans, sem hér fer á eftir:

„Taldar voru og ákvarðaðar rúml. 800 díatómeur úr báðum sýnishornunum. Í sýnish. A reyndust 98,4% ferskvatnstegundir, en 1,6% tegundir, sem lifa í sjó eða í ísöltu vatni. Í sýnish. B reyndust þessar tölur í sömu röð 99,1% og 0,9%.

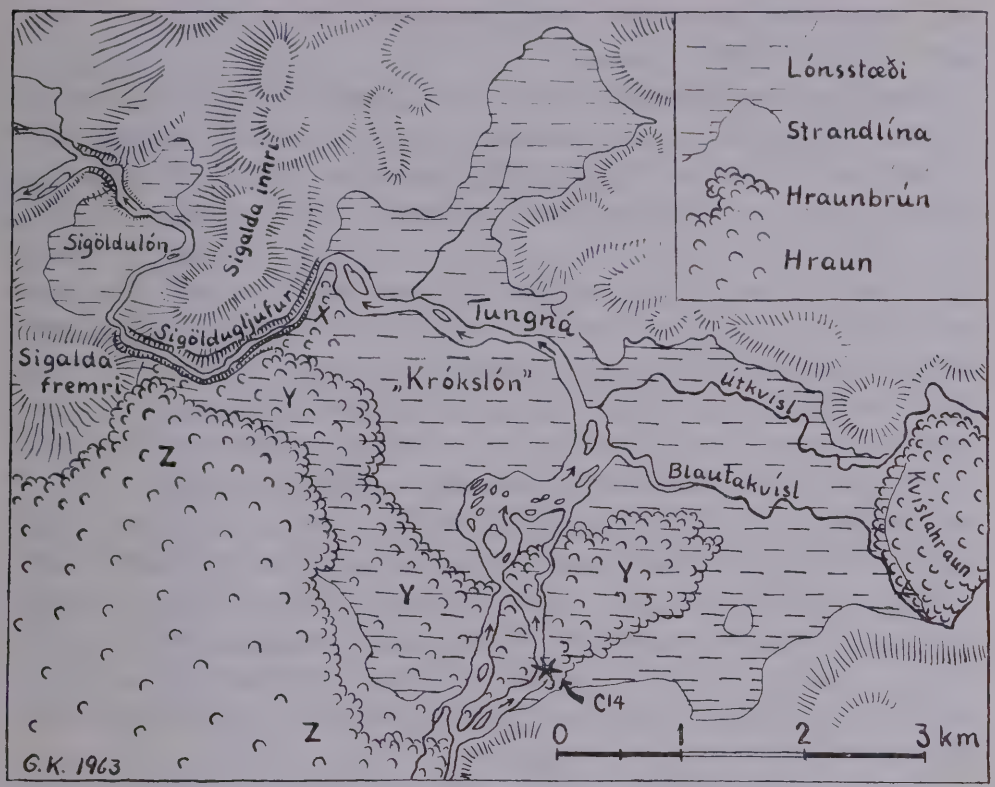
Athyglisvert er, að sýnish. A inniheldur 20% af *Navicula pusilla*. En sú tegund lifir aðallega nálægt sjó og einnig í lítið eitt söltu vatni. Í sýnish. B var aðeins eitt eintak af þessari tegund. Tel ég langsennilegast, að saltvatnstegundirnar ásamt þessari tegund hafi slæðzt með í sýnishornið, er það var grafið upp í fjörunni, og þær eigi heima í þeirri díatómeuflóru, sem nú lifir á staðnum.

En samkvæmt allri reynslu um lífsskilyrði þessara díatómeutegunda verður að teljast með ólíkindum, að mórinn, sem þær eru í, sé myndaður við sömu sjávarstöðu og nú er þarna."

Jurtaleifar í seti Krókslóns við Tungná (13)
5290 ± 250 ár (W-911)

Tungná rennur langa leið vestur með norðurjaðri Tungnárhrauna. Milli Vesturbjalla og Sigöldu sveigir hún norður fyrir hrauntotu, sem teygist inn í dalkrikann milli þessara fjalla, og heitir þar Tungnárkrókur. Eitt af hinum yngri Tungnárhraunum (merkt Y á kortinu 4. mynd) teygðist skemmra inn í dalinn en sum þeirra. sem áður runnu. Þetta hraun, sem við skulum kalla „Stífluhraun", liggur næstefst allra þeirra Tungnárhrauna, sem nokkuð sér á þarna nærlendis, og liggur því beint við að ætla, að það sé næstyngsta Tungnárhraunið. Um það skal þó ekki fullyrt að svo stöddu, því að hugsanlegt er, að næstyngsta hraunið sé þarna algerlega hulið af hinu yngsta.

Hin háa brún „Stífluhrauns" stíflaði upp allmikið stöðuvatn í krikanum milli Bjallanna og Sigöldu. Það hefur verið nefnt Króks-



4. mynd. Kort af „Krókslóni". — X, Y og Z eru þrjú Tungnárhraun merkt í stafrófsröð eftir aldri; Z er yngst allra Tungnárhrauna, en Y er „Stífluhraunið", sem myndaði lónið. Staðurinn, þar sem sýnishorn var tekið til C^{14}-greiningar, er merktur með stjörnu.

Map of the extinct lava-dammed lake „Krókslón". — X, Y and Z are three different Tungná Lavas, of which X is the oldest and Z the youngest, while Y is the flow that dammed up the lake. The place where organic matter was sampled for C^{14} analysis is marked with an asterisk. — Lónsstæði = *Area formerly covered by the lava-dammed lake.* Strandlína = *Shore-line.* Hraunbrún = *Lava-edge.* Hraun = *Postglacial lava.*

lón. Tungná rann í suðausturenda þess, en út úr vesturendanum yfir hraunstífluna sunnan við Sigöldu. Lónið var um ¼ km² að flatarmáli og mesta dýpi í því 30 m. Nú er það horfið, en strandlínan umhverfis lónsstæðið er glögg og liggur í 500 m hæð y. s. Í þeirri hæð hefur vatnsborðið legið nokkurn veginn stöðugt allan þann tíma, sem afrennsli lónsins var yfir „Stífluhraunið" sunnan við Sigöldu, því að Tungná hefur lítið sem ekkert unnizt að grafa sig niður í hraunklöppina. En á meðan hefur hún því sem næst

eða alveg fyllt lónsstæðið með framburði sínum af leir og sandi og breytt því í flata aura.

Þegar svo var komið, rennur yngsta Tungnárhraunið (merkt Z á kortinu) og breiðist yfir þau, sem fyrir voru. Þó rennur það ekki að ráði út í Krókslón, heldur staðnæmist norðurbrún þess skammt uppi á hinni háu norðurbrún „Stífluhrauns". En neðar (vestar) nær yngsta hraunið fast upp að sunnanverðri Sigöldu og lokar þar útfallinu úr Krókslóni. Við það hækkar í lóninu um fáeina metra. En það nægir til þess, að það fær nýtt afrennsli yfir slakka í Sigöldu, þar sem nú er Sigöldugljúfur og skilur Sigöldu innri frá Sigöldu fremri. Þarna vinnst útfallinu miklu betur að grafa sig niður en á fyrri staðnum, því að bæði er bergið auðunnara, móberg og bólstraberg í stað hraunlaga, og bratt vestur af slakkanum. Sigöldugljúfur er nú orðið 60 m djúpt, en þegar, er það hafði grafizt helming þeirrar dýptar, hafði það ræst fram Krókslón niður í botn. Jafnóðum og það gerðist, skolaði Tungná burt mestum hluta þess lausa sets, sem áður hafði nær fyllt lónsstæðið. En eftir af því standa þó flatir hjallar, einkum meðfram brekkurótum norðan lónsstæðisins, þar sem þeir marka hina fornu legu vatnsborðsins við 500 m hæðarlínuna.

Neðst í þessum hjöllum er eingöngu mjúkur, ljósblágrár leir, en yfir honum liggur sandur og möl. Allt er þetta lagskipt og þó sérstaklega leirinn, sem virðist vera hvarfleir með ½—1 cm þykkum hvörfum. Hann hefur bersýnilega setzt til úr jökulgruggi Tungnár á nokkru dýpi í kyrru vatni. En sandurinn, sem yfir liggur, er eyrar árinnar frá þeim tíma, er hún hafði að mestu fyllt upp lónsstæðið og dreifðist um það í lygnum kvíslum.

Í bökkum Tungnár — einnig Blautukvíslar og Útkvíslar, sem í hana renna — niðri í lónsstæðinu eru víða nær lóðrétt leirstál, allt að 5 m há niður að vatnsborði. Þar sér aðeins á stöku stað á undirlag leirsins, og er það ýmist berggrunnur eða gömul Tungnárhraun. Á þeim stöðum eru neðstu leirlögin grjóthörð eitthvað 20 cm upp frá undirlaginu, en að öðru leyti lík hinum mjúka leir, sem yfir liggur.

Þennan leir má einnig finna á stöku stað í hraunbollum utan í og uppi á brún „Stífluhraunsins", en þó vitaskuld aðeins undir 500 m hæðarlínunni. Í einum slíkum bolla á að gizka í 495 m hæð fundum við Þorleifur Einarsson jurtaleifar í leirnum 10. ágúst

1959, er við unnum þarna að rannsóknum fyrir Raforkumálaskrifstofuna. En seinna þetta sumar, 17. september, skoðaði ég þær betur og tók af þeim sýnishorn til aldursákvörðunar. Hraunbollinn er í hægri bakka Tungnár (þ. e. austurbakkanum, því að hún rennur þarna í norður) skammt fyrir ofan Hnubbafossa, en í þeim fossum og flúðum fellur áin í nokkrum kvíslum fram af brún „Stíflu-hraunsins".

Jurtaleifarnar eru fínar, seigar tægjur, sem mynda tvö samfelld lög í leirnum. Þykkt hvors lags er aðeins frá fáeinum millímetrum upp í sentímetra í mesta lagi. Undir neðra laginu er leirinn grjótharður og eitthvað yfir 20 cm þykkur í miðjum bollanum, dýpra tókst mér ekki að höggva niður í hann. Milli jurtalaganna er aðeins 7 cm leirlag, einnig allhart, en þó auðhöggvið með skóflu. Yfir efra jurtalaginu er leirinn mjúkur. Að öðru leyti en hörkunni er allur leirinn í hraunbollanum með mjög líkri gerð og í háu leirbökkunum neðar með ánni. Virðist einsætt, að hann sé eitthvert hið allra elzta set í Krókslóni og mjög litlu yngri en „Stíflu-hraunið", sem hann liggur á.

Með því að stinga eða höggva leirinn ofan af jurtalögunum tókst mér að fletta þeim ofan af undirlagi sínu eins og leppum, sem jurtatægjurnar héldu furðulega vel saman. Síðan mátti þvo leirinn úr leppunum, svo að tægjurnar urðu einar eftir. Til þess að fá nógu stórt sýnishorn til C^{14}-greiningar varð ég að höggva upp mikið af leirnum í hraunbollanum og hirða jurtatægjurnar úr báðum lögunum.

Bergþór Jóhannsson, sem er nú að ljúka námi í grasafræði við Oslóarháskóla og hefur mosa að sérgrein, hefur nýlega athugað jurtatægjurnar fyrir mig í smásjá og gat greint þær til tegundar. Þær eru að mestu leyti eða eingöngu af mosategundinni *Hygrohypnum ochraceum,* sem vex á vatnsbotni og er víða hér á landi í ám og tjörnum.

En mestan hluta sýnishornsins sendi ég dr. Rubin til aldursákvörðunar, og var henni lokið í nóvember 1960 með niðurstöðunni: 5290 ± 250 ár.

Samkvæmt þeirri niðurstöðu hef ég áætlað aldur „Stíflu-hraunsins" um 5500 ár (Guðm. Kjartansson 1961). En ef gizka skal nánara en svo, að standi á heilu eða hálfu þúsundi, þá þykir mér 5400 ár sennilegri aldur.

Kolaðar jurtaleifar undir Þingvallahrauni (20)
9130 ± 260 ár (W-1912)

Farvegur Sogsins úr Þingvallavatni niður í Úlfljótsvatn er gljúfur meðfram hraunjaðri, og er hraunið í austurbakkanum. Þetta er fremsta tota Þingvallahrauns. Upptök þess eru í gossprungu, um 17 km langri, sem liggur í stefnu NA—SV skammt fyrir austan Hrafnabjörg og Tindaskaga. En ekki skal fullyrt, að allt það, sem hér er kallað Þingvallahraun, sé upp komið í einu gosi.

Efsti kafli Sogsgilsins, fáein hundruð metra niður frá útfallinu, er grafinn vel niður úr hrauninu, svo að undirlag þess kemur í ljós. Er það mest sendinn leirsteinn, grár að lit með miklum völum og hnullungum — bersýnilega jökulruðningur að uppruna. En á mótum þessa ruðnings við hraunið, sem yfir liggur, getur að líta þá mold, sem Jónas Hallgrímsson kvað um:

„Enginn leit þá maður moldu, / móðu steins er undir býr."

Þunnt er þetta moldarlag, varla nokkurs staðar meira en um 20 cm, og er þá með talinn neðri hluti þess, sem er að vísu með moldar lit, en að efni til sendinn leir með steinvölum og mun raunar vera veðrað yfirborðslag jökulruðningsins. En efri hlutinn, upp í 10 cm þykkur, er steinlaus og virðist vera venjuleg fokmold. Þetta moldarlag er brúnt að lit, en þó víðast með kolsvartri rönd allra efst. Á kafla í gljúfurveggnum um 100—150 m neðan við nýja stíflugarðinn fyrir útfall Sogsins er þessi svarta rönd lítt eða ekki sundur slitin, en mesta þykkt hennar, sem ég hef fundið, þó aðeins 8 cm. Svarti liturinn stafar af jurtaleifum, sem hafa kolazt af hitanum, þegar glóandi hraunkvikan rann þarna yfir. Heillegustu leifarnar, sem greina má berum augum, eru mjög grannir og brothættir stönglar, harla torkennilegir orðnir af að sviðna, breytast í kol og molna undir fargi hraunsins.

Moldarlagið liggur fáeina metra yfir yfirborði Þingvallavatns og í h. u. b. 106 m hæð y. s. Það er örugglega ofan efstu sjávarmarka, sem hér liggja mun lægra en austur við Þjórsá.

Þegar ég fann þessar kynlegu jurtaleifar, 19. júlí 1941, þóttist ég mega greina lyngstöngla meðal þeirra, eins og ég hef áður skýrt frá (Guðm. Kjartansson 1943). En í stærra og betra sýnishorni, sem ég náði 25. júlí 1957 og sendi hluta af til C^{14}-aldursákvörðunar í Washington, fann ég engar einhlítar leifar af lyngi og hef síðan

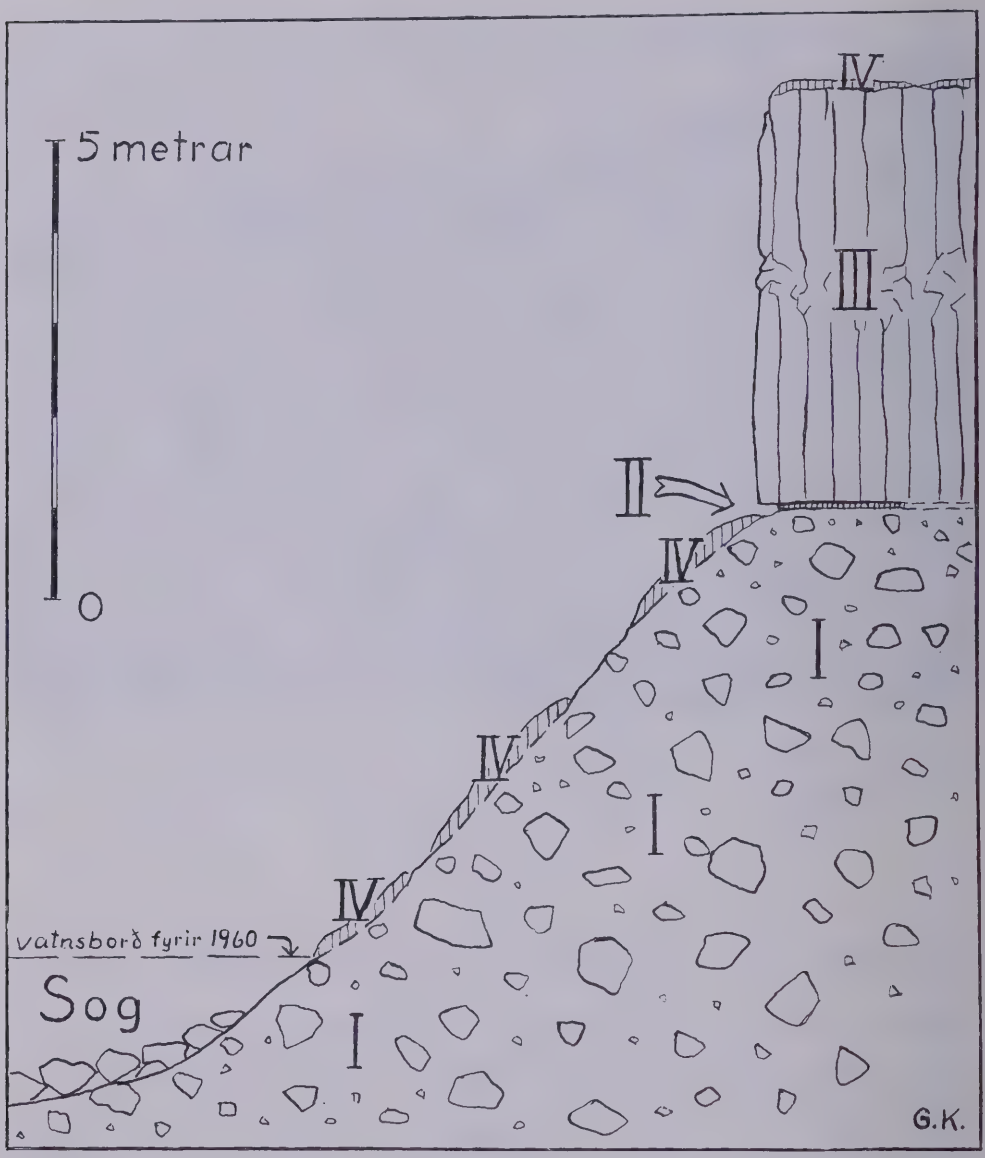
5. mynd. Austurbakki Sogsgljúfursins laust neðan við útfallið úr Þingvallavatni. Hamarinn er úr Þingvallahrauni og brekkan undir honum úr jökulruðningi. Fremst er þurrkaður farvegur Sogsins. Sbr. 6. mynd. — Ljósm. Guðm. Kj.

The right bank of the Sog. cf. section in 6. mynd.

sterkan grun um, að hin fyrri ályktun mín sé röng og í fljótfærni gerð. Aftur á móti minntu leifarnar meira á mosa. Nú hefur Bergþóri Jóhannssyni, sem ég kvaddi mér til hjálpar, tekizt með smásjárathugun að greina þarna örugglega gamburmosa *(Rhacomitrium lanuginosum)*. Svo virðist helzt sem hinar koluðu leifar séu nær eingöngu úr þessari mosategund, hraunið hafi runnið yfir þykka mosaþembu.

Niðurstaða aldursgreiningarinnar kom í árslok 1960 og birtist hér fyrsta sinni: 9130 ± 260 ár.

Öruggt má teljast, að aldur Þingvallahrauns sé að kalla hinn sami og sýnishornsins (í mesta lagi fáum árum lægri), þar sem hraunið rann yfir jurtirnar lifandi og breytti þeim í kol. Ekki hefði ég að óreyndu gizkað á, að Þingvallahraun væri svona gamalt, um 9 þúsund ára, þúsund árum eldra en Þjórsárhraun!



6. mynd. Þverskurður af bakka Sogsins, sbr. 5. mynd. — I: jökulruðningur. II: mold, lituð svört næst yfirborði af koluðum mosa. III: Þingvallahraun. IV: gróinn jarðvegur.

Section of the right bank of the gorge of the Sog. — I: Moraine. II: Eolian soil with its surface layer black from carbonized moss. III: The lava-flow Þingvallahraun. IV: Eolian soil.

Eins og um var getið í kaflanum um Þjórsárhraun, teygði ísaldarjökull enn hrammana niður í sveitir í Rangárvallasýslu og í austanverðri Árnessýslu á Búðaskeiðinu, sem lauk fyrir h. u. b. 10 þús. árum. Samkvæmt framangreindri aldursákvörðun rann Þingvallahraun aðeins þúsund árum síðar.

Þar sem Þingvallahraun og Skjaldbreiðarhraun ná saman, virðist jaðar Þingvallahrauns eindregið liggja ofan á og Skjaldbreiðarhraunin því vera eldri. Samt bera Skjaldbreiðarhraunin það með sér, að þau hafa runnið á jökullausu landi og aldrei hulizt jökli. Ekki einu sinni uppi á sjálfum Skjaldbreið, 1060 m y .s., hef ég getað fundið neinar jökulminjar (þær kynnu þó að vera í ofanverðri norðurhlíðinni, þar sem ég hef ekki leitað). En heldur er ósennilegt, að Skjaldbreiður hefði sloppið við að fá yfir sig síða jökulhettu í hinu óblíða veðurfari Búðaskeiðsins, ef hann hefði þá verið til. Allt bendir til, að Skjaldbreiður hafi hlaðizt upp og Skjaldbreiðarhraunin runnið fyrir meira en 9 þús. og minna en 10 þús. árum.

Sigurður Þórarinsson:

Aldur öskulaga

Viðarkol undir Laxárhrauni yngra rétt norðan Laxárgljúfurs (8)
1940 ± 270 ár (Y-87)
2110 ± 140 ár (K-139)
1990 ± 50 ár (Winnipeg)

Laxárhraun yngra hefur myndazt við gos í gígaröðinni Þrengslaborgum, austan Mývatns. Það hefur flætt yfir Mývatnskvosina og myndað mikinn hluta botns núverandi Mývatns. Síðan hefur það flætt norður Laxárdal og eftir Laxárgljúfri niður í Aðaldal og langt norður eftir honum, hvað langt er ekki fullrannsakað.

Þegar sprengd var rás gegnum hraun þetta fyrir aðrennslispípu vatnsþrýstingsmiðlunarturnsins í nyrðri Laxárvirkjuninni, kom í ljós 0.5—1.0 cm þykkt viðarkolalag undir hrauninu, sem þarna hafði runnið yfir gróðurlendi. Í þessu kolalagi er mikið af grönnum koluðum kvistum, líklega lyngkvistum. Jarðvegur undir hraun-

7. mynd. Laxárhraun yngra á moldarjarðvegi skammt utan við mynni Laxárgljúfurs. Viðarkolalagið er á mótum hrauns og moldar, einkum þar sem hraunið er þétt á neðra borði. Lengd tommustokksins er 1 m.

Section through the younger Laxárhraun and the underlying loessial soil with the tephra layers H_3 and H_4. Charcoal is found in the contact between the lava and the soil. Length of footrule 1 m. — Photo S. Thorarinsson.

inu er mold og í henni cru tvö af ljósu öskulögunum frá Heklu, þau sem ég hef nefnt H_3 og H_4 (7. mynd). Þar eð ljósa lagið H_3 er að finna efst í lurkalagi því, sem áberandi er í mörgum mýrum norðanlands og ég taldi mjög líklegt, að skógur hefði horfið að mestu úr þessum mýrum vegna versnandi loftslags á mótum járn- og bronsaldar, um 600 f. Kr., hafði ég áætlað aldur þessa ljósa lags 2500—3000 ár, þó líklega heldur nær hærri tölunni, en út frá þykkt moldarlagsins

milli þess og kolalagsins við Laxárgljúfur og með hliðsjón af því, sem ég þá þóttist geta reiknað út um hraða þykknunar þess háttar moldarlags, taldi ég aldur kolalagsins 500 árum minni en aldur H_3, þ. e. 1800—2300 ár eða 2050 ± 250 ár. Eru þessar aldursákvarðanir birtar í ritgerðinni Laxárgljúfur and Laxárhraun (Sig Þórarinsson 1951, bls. 11 og 40).

Sýnishorn af koli undan Laxárhraunum sendi ég til Yale-háskóla vorið 1951, svo sem fyrr getur, og var það aldursákvarðað í Geochronometric Laboratory (sýnishorn Y-87). Til frekara öryggis sendi ég síðan annað sýnishorn til Kulstof 14 Daterings-laboratoriet í Kaupmannahöfn (sýnishorn K-139). Ég vissi þá ekki, að Guðmundur Kjartansson hafði einnig tekið sýnishorn af þessu koli og sent til Winnipeg til aldursákvörðunar.

Þetta kolalag hefur því verið aldursákvarðað á þrem stöðum og koma aldursákvarðanirnar vel heim hver við aðra og við þann aldur, sem fyrirfram var áætlaður samkvæmt öskutímatalinu.

Samkvæmt þessu er Laxárhraun yngra um 2000 ára gamalt. Sama aldurs eru Skútustaðagígar og aðrar gervigígaþyrpingar í Mývatnssveit, sem allar eru á þessu hrauni. Þau kísilgúr lög, sem er að finna á botni Mývatns sunnan Neslanda, hafa einnig myndazt eftir að Laxárhraun yngra brann, þ. e. á síðustu 2000 árum.

Niðurstöður aldursákvarðananna hafa verið notaðar eða þeirra getið í eftirfarandi ritum (sbr. ritskrá í lok þessarar ritgerðar): Sig. Þórarinsson 1954a, bls. 67—68; 1954b, bls. 54.

Mór rétt undir ljósa Hekluöskulaginu H_3 í mýrarskurði við Bandagerði í Glæsibæjarhreppi (7)
2720 ± 130 ár (Y-85)

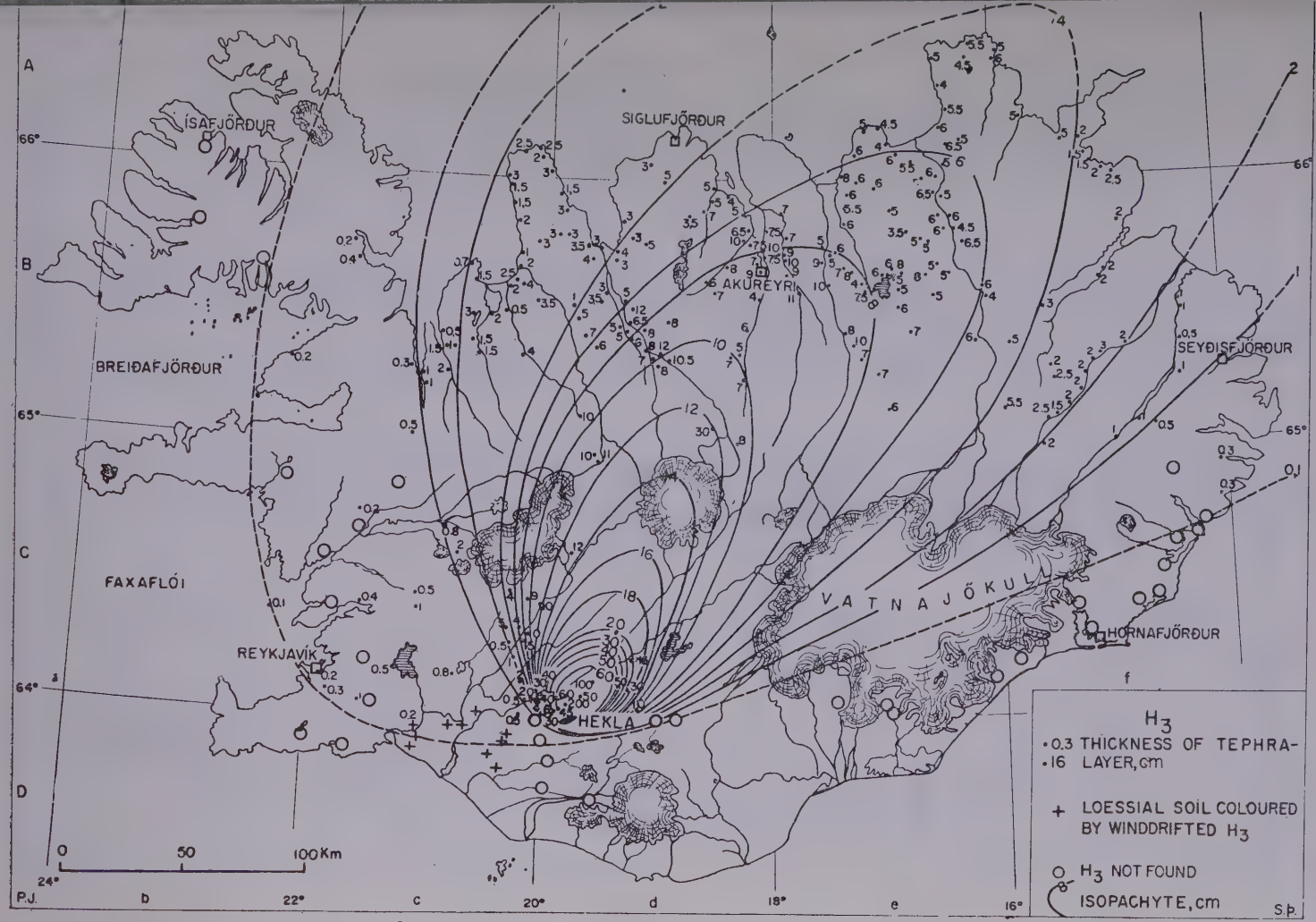
Viðarkol í ljósa vikurlaginu H_3 í Rangárbotnum (14)
2820 ± 70 ár (St.-813)

Flestar þær C^{14}-aldursákvarðanir, sem ég hef fengið gerðar, hafa verið tengdar öskutímatali mínu eða tefrókronólógíu. Með því að rekja útbreiðslu öskulaga frá sögulegum tíma hefur tekizt að finna öskulög úr allmörgum gosum, sem vitað er um aldur á, t. d. Heklulagið úr gosinu 1104 (H_1) og öskulagið úr Öræfajökulsgosinu 1362. En forsöguleg öskulög verða ekki aldursákvörðuð með hjálp skráðra

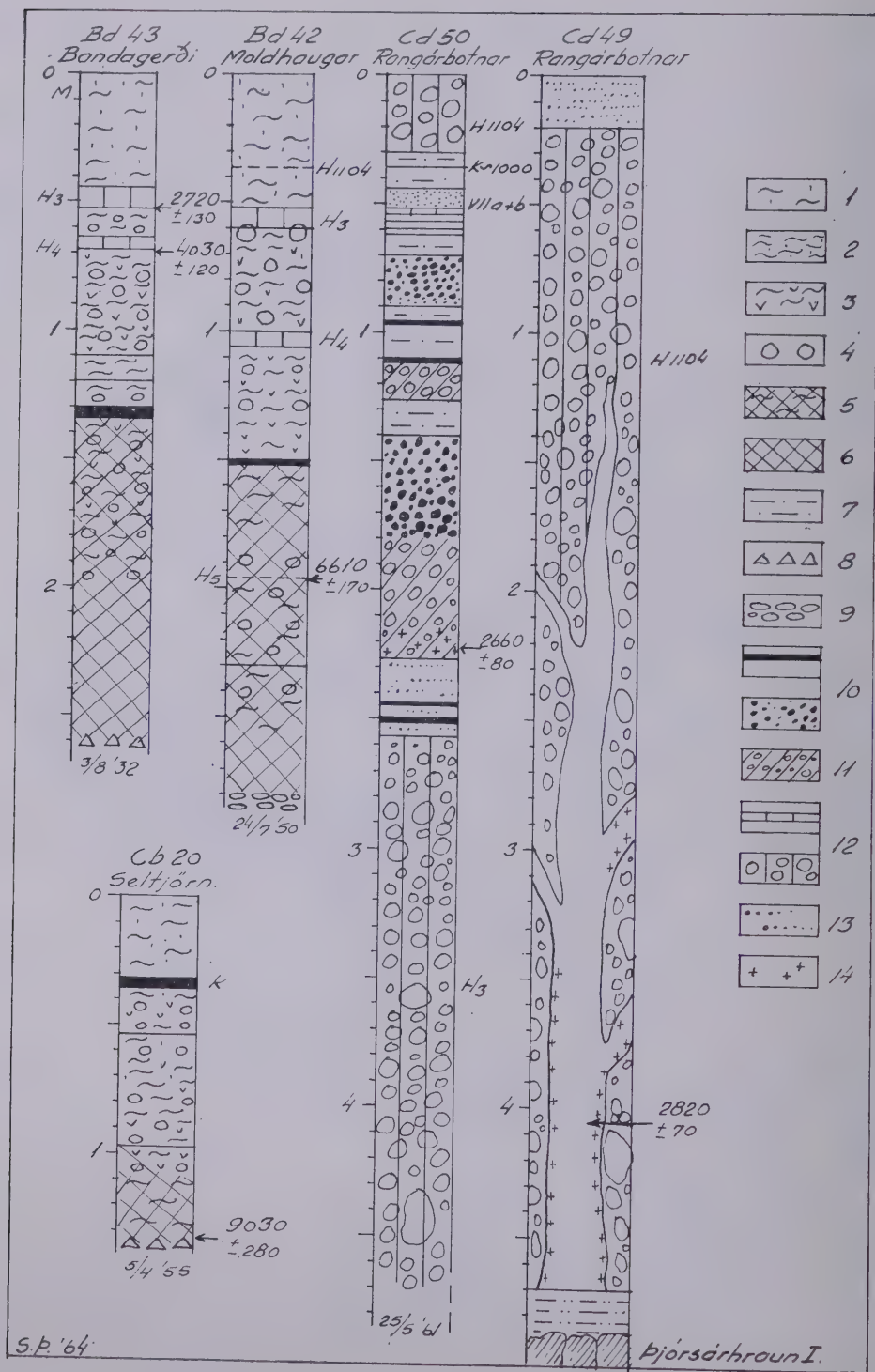
LIBRARY
BOREAL INSTITUTE

heimilda. Það verður að beita öðrum aðferðum, svo sem viðmiðun við lög frá sögulegum tíma, athugun á afstöðu öskulaganna til lagskiptingar í mómýrum o. fl. Áður en C^{14}-aðferðin kom til skjalanna hafði ég reynt að gera mér grein fyrir aldri nokkurra útbreiddustu öskulaganna í íslenzkum jarðvegi. Meðal þeirra voru ljósu Heklulögin fjögur, sem finna má í jarðvegi norðanlands. Hið yngsta þessara líparítlaga er úr gosinu 1104. Það næsta undir því er það, sem ég hef nefnt H_3, og er það útbreiddasta öskulag frá póstglasíal tíma á Íslandi (8. mynd). Svo sem áður var að vikið, hafði ég komizt að þeirri niðurstöðu, að aldur þess væri 2500—3000 ár ("not less than 2500 — probably nearer 3000 — years old"). Sumarið 1951 tók ég sýnishorn af mó í skurðgröfuskurði rétt við Bandagerði í Glæsibæjarhreppi, skammt norðan Akureyrar (9. mynd). Var sýnishornið tekið 0.0—0.5 cm undir öskulaginu, sem þarna er 8 cm þykkt og það þétt, að það hefur líklega varnað því að mestu, að rætur yxu niður í gegnum það. Því má telja, að aldurinn á mósýnishorni þessu sé næstum hinn sami og á öskulaginu. Sýnishornið var sent til Yale-háskóla fyrir milligöngu prófessors R. F. Flint og aldursákvarðað þar 1954 (Y-85). Mátti ég vel una við niðurstöðuna. En hér var um svo þýðingarmikla aldursákvörðun að ræða, að ég taldi æskilegt að fá hana staðfesta með nýrri aldursákvörðun, ef tækifæri gæfist.

Snemma vors 1960 voru grafnar, undir umsjá Hauks Tómassonar landfræðings (sjá Einarsson og Tómasson 1962), nokkrar djúpar holur á vikurflötinni miklu í Rangárbotnum, vestur af fossinum, sem þar er í Rangá. Var austasta holan um 11 m djúp. Þarna er H_3 4—5 m þykkt, enda er þetta svæði nærri miðjum geira þessa mikla vikurlags, og kögglar eru þarna í því allt að 30 cm í þvermál. Í holu, sem grafin var skammt vestur af 11 metra holunni, fann Haukur holrúm eftir birkitré, sem staðið hafði nær lóðrétt næstum upp í gegnum vikurlagið H_3. Innan á veggjum þessa holrúms, sem var bæði eftir digran bol og greinar, var dálítið af viðarkoli, sem við Haukur söfnuðum saman og fengum aldursákvarðað í Laboratoriet för radioaktiv datering í Stokkhólmi (sýnishorn St-813), en Jakob Gíslason raforkumálastjóri var svo vinsamlegur að láta Raforkumálaskrifstofuna greiða kostnaðinn. Þótti mér mikill fengur að því að fá þessa aldursákvörðun, því fullyrða má, að viðarkolið hafi myndazt er tréð grófst í heitan vikurinn frá þessu stórfellda



8. mynd. Útbreiðsla og þykkt ljósa Heklulagsins H_3. Þykktin í cm.
Isopachyte map of the rhyolitic tephra layer H_3.


Bd 43
Bændagerði
Bd 42
Moldhaugar
Cd 50
Rangárbotnar
Cd 49
Rangárbotnar
Cb 20
Seltjörn
M
H3
H4
H5
H1104
K=1000
VIIa+b
2720 ± 130
4030 ± 120
6610 ± 170
2660 ± 80
2820 ± 70
9030 ± 280
3/8 '32
24/7 '50
25/5 '61
5/4 '55
S.Þ. '64
Þjórsárhraun I.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

gosi. Segja má, að C^{14}-aldursákvörðuninni beri vel saman við þá fyrri og að þær komi furðu vel heim við aldursákvörðun mína samkvæmt öskutímatalinu. En það sannar um leið, að hinu mikla hlýviðrisskeiði postglasíaltímans lýkur um sama leyti á Íslandi og í Skandinavíu, í byrjun járnaldar, um 600 árum f. Kr.

Öskulagið H_3 þekur um 80 000 ferkm af Íslandi eða 4/5 hluta landsins og er því sérstaklega mikilsvert að hafa fengið það aldursákvarðað svo viðunandi öruggt má teljast.

Sjá um þessar aldursákvarðanir ennfremur Áskelsson et al. 1960, bls. 55—60. Preston et al. 1955. Sig. Þórarinsson: 1955, bls. 179—180; 1958a, bls. 48—49 og 70—71; 1960, bls. 154—155; 1961, bls. 26 og áfram; 1962a, bls. 129—130; 1962b.

Mór rétt undir ljósa Hekluöskulaginu H_4 í mýrarskurði við Bandagerði í Glæsibæjarhreppi (7)

4200 ± 150 ár (K-120)

3850 ± 150 ár (K-120)

Meðaltal 4030 ± 120 ár

Það ljósa Hekluöskulag, sem ég hef nefnt H_4, er næst mesta öskulag, sem myndazt hefur í Heklugosi, og er útbreiðsla þess svipuð og útbreiðsla H_3. Í jarðvegssniðun norðanlands eru þessi tvö lög mest áberandi allra öskulaga, og eru því víða nefnd „efra ljósa lagið" og „neðra ljósa lagið". Á austurhluta Norðurlands og á Austurlandi er það neðra auðþekkt frá því efra á því, að efri hluti neðra lagsins er miklu dekkri en neðri hluti þess, en efra lagið er jafnlitt allt í gegn. Sýnishornið var tekið í sama mýrarsniði og Nr. 7, 0.0—0.5 cm undir öskulaginu. Í ritgerðinni Laxárgljúfur and Laxárhraun áætlaði ég aldur H_4 4500—5000 ár (bls.

9. mynd. Fjögur jarðvegssnið, sem sýnishorn hafa verið tekin úr til aldursákvarðana. 1: Starmosatorf, lítt fúið. 2: Sama, en allfúið. 3: Starmosatorf með birkileifum. 4: Birkilurkar. 5: Eðjuborinn mór. 6: Eðja. 7: Lössjarðvegur. 8: Botnurð. 9: Möl. 10: Dökk öskulög. 11: Brún öskulög. 12: Ljós öskulög. 13: Vikurblandinn fokjarðvegur. 14: Viðarkol.

Four C^{14} dated soil sections. 1: Carex moss peat, slightly decomposed. 2: Ditto, highly decomposed. 3: Birch moss peat. 4: Birch stumps. 5: Mud peat. 6: Mud. 7: Loessial soil. 8: Moraine. 9: Gravel. 10: Tephra layers, black. 11: Ditto, brown. 12: Ditto, light. 13: Loessial soil and tephra. 14: Charcoal.

11), en í ritgerðinni The Tephra-fall from Hekla hafði ég lækkað aldurinn niður í „ab. 4000 years" (Sig Þórarinsson 1954a, bls. 44). Sýnishornið var tekið árið 1951 og sent til Kaupmannahafnar, en aldursákvörðunin gerð þar 1954 og kemur hún mæta vel heim við þá aldursákvörðun, sem ég byggði á öskutímatalinu. Þess má geta, að C^{14} aldursákvörðunin er upphaflega gefin upp 200 árum lægri en nú, en leiðrétt síðar með tilliti til þess „Suess effect" sem að var vikið í inngangsorðum þessarar ritgerðar. Þess er einnig að geta, að hluti af sama mósýnishorni var aldursákvarðaður í Yale 1954 (Y-86). Sú ákvörðun mistókst að nokkru, vegna truflana frá atómsprengjum Bandaríkjamanna á Kyrrahafi, en samkvæmt þessari aldursákvörðun var aldur sýnishornanna 4100 ± 450 ár. Til gamans má nefna, að ég sendi sýnishorn samtímis til Hafnar og Yale, því mér þótti öryggi í því að fá aldursákvörðun á báðum stöðum. Í bréfi til forstjóra rannsóknarstofnunar í Höfn lét ég þess getið, að ég hefði einnig sent sýnishorn til Yale, en mér þætti valt að treysta ákvörðun þeirra vestra, vegna þess að þeir væru alltaf með þessar andskotans atómsprengjur. Til Yale skrifaði ég að ég hefði sent sýnishorn til Hafnar, en þar sem rannsóknarstofan þar væri ný af nálinni og þeir, sem þar ynnu að aldursákvörðunum, væru enn viðvaningar samanborið við þá Yale-menn, vildi ég einnig fá sýnishornið aldursákvarðað í Yale. Ég man, að ég hafði orð á því við ritara minn, er ég fékk henni bréfin til vélritunar, að það væri gott að móttakendur sæju ekki bréf hvors annars. En 10 dögum seinna fékk ég endursent bréf það, sem fór til Yale með þeirri athugasemd að „I suppose that this letter was not meant to be read by us". Ég hafði sem sé lagt Yale bréfið í Hafnar umslagið og öfugt. Hvað þeir í Höfn hugsuðu, er þeir fengu bréfið, hef ég ekki frétt, en báðir aðilar voru svo elskulegir að aldursákvarða sýnishornið mér að kostnaðarlausu.

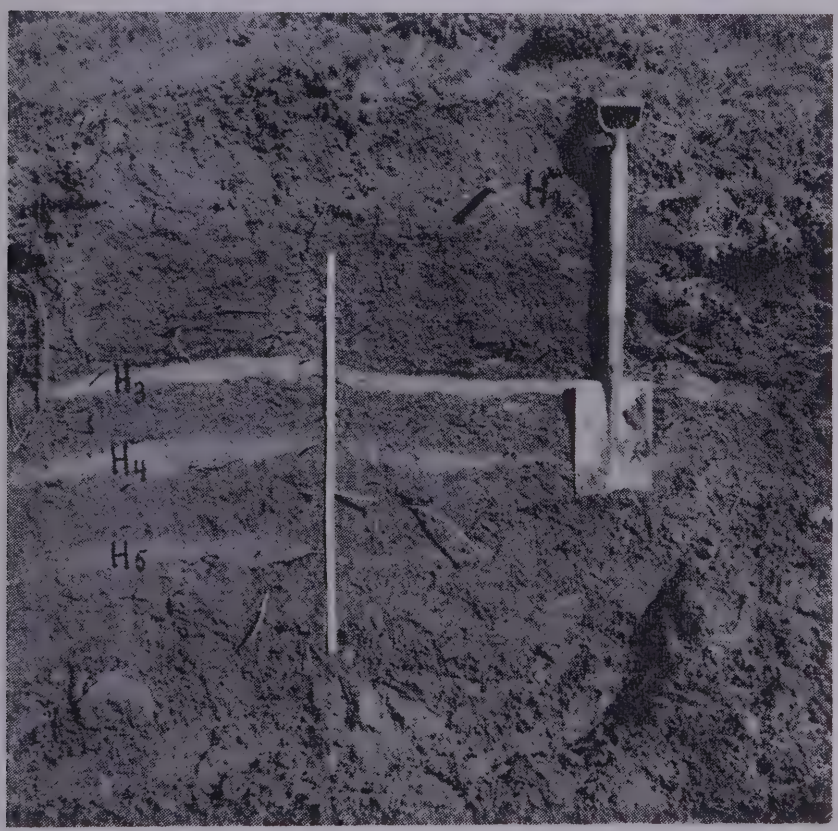
Öskulagið H_4 liggur milli Þjórsárhrauna við Þjófafoss, en Laxárhraun eldra, sem komið er úr Ketildyngju og flætt hefur norður yfir Mývatnssveit og síðan norður Laxárdal og Aðaldal liggur milli öskulaganna H_3 og H_4.

Sjá ennfremur eftirfarandi ritgerðir: Áskelsson et. al. 1960, bls. 55—60. Sig. Þórarinsson 1954a, bls. 68; 1955, bls. 179—180; 1958a, bls. 48—49 og 70—71; 1961, bls. 26 og áfram. 1962b. Tauber, H. 1960.

Mór undir ljósa Hekluöskulaginu H_5 í mýrarskurði við Moldhauga, Glæsibæjarhreppi (5)

6520 ± 190 ár (K-141)
6710 ± 250 ár (K-141)
Meðaltal 6610 ± 170 ár

Elsta ljósa öskulagið sem ég veit vera frá Heklu komið, hef ég nefnt H_5. Það er að finna í jarðvegssniðum innarlega í Hreppum og Biskupstungum, svo og á miðhálendinu og víða norðanlands og á Norðausturlandi. Nyrðra er það mjög fíngert og miklu



10. mynd. Ljósu Heklulögin H_1, H_3, H_4 og H_5 í moldarkenndum mýrarjarðvegi nærri bænum Þorsteinsstöðum í Tungusveit, Skagafirði. Tommustokkur, 1 m á lengd, stendur á botnurð.

The light-coloured tephra layers H_1, H_3, H_4 and H_5 in a soil profile near the farm Thorsteinsstadir in Skagafjördur, N.-Iceland. The footrule is 1 m long and rests on the ground moraine. — Photo S. Thorarinsson.

LIBRARY
ORSTED INSTITUTE

minna áberandi en H_3 og H_4. Ber mest á því í jarðvegssniðum, sem hafa náð að þorna (sbr. 10. mynd). Í ritgerðinni The Tephrafall from Hekla kemst ég svo að orði um aldur þess: „Ég hef áður gizkað á að aldur þess væri 7000—8000 ár, en það er mjög lausleg ágizkun og líklega einhverju of há“ (Sig. Þórarinsson 1954b, bls. 44).

Sumarið 1952 tók ég mósýnishorn rétt undan öskulaginu H_5 í skurðgröfuskurði skammt norður af bænum Moldhaugum í Glæsibæjarhreppi, Eyf. Sýnishornið var sent til Kaupmannahafnar og aldursákvarðað þar 1954. Þessi aldursákvörðun hefur einnig verið leiðrétt vegna „Suess effect“. Hefur hún birzt í sömu ritgerðum og sú næsta hér á undan.

Öskulagið H_5 er ofan á elsta Þjórsárhrauni sunnan við Vatnagarða. Í Ófærugili, norðvestur af Heklu, er það næstum 1 metri á þykkt.

Þar eð aldursákvörðun þessa víðáttumikla öskulags er næsta þýðingarmikil fyrir frjógreinendur og fyrir þá, sem rannsaka vilja jarðvegsmyndun á Íslandi, væri æskilegt að fá öskulagið aldursákvarðað að nýju.

Mór rétt undir ljósa Hekluöskulaginu H_1 (H∼1104) í bakka skammt suðvestur af Vaðbrekku, Hrafnkelsdal (9)
770 ± 90 ár (T-394)

Hinn 18. júní 1962 skrapp ég austur í Hrafnkelsdal, að tilhlutan Kristjáns Eldjárns þjóðminjavarðar og fyrir beiðni Aðalsteins Aðalsteinssonar bónda á Vaðbrekku. Tilefnið var það, að þeir Vaðbrekkumenn höfðu grafið fyrir nýrri fjárhúsbyggingu hjá beitarhúsum, þar sem heita Þórisstaðir austan Hrafnkelu, um 2 km sunnan við Vaðbrekku. Komu þeir þá niður á hrúgu kindabeina, sem voru meira eða minna brennd. Það sem var athyglisvert við þennan beinafund var, að yfir beinahrúgunni lá óhreyft, ljóst öskulag, sem er að finna um allan Hrafnkelsdal og Jökuldal og víðar þar eystra. Þetta lag er allmiklu eldra en ljósa lagið frá Öræfajökulsgosinu 1362, sem er mjög greinilegt alls staðar þarna um slóðir. Ég hafði áður athugað þetta lag, en verið í hálfgerðum vandræðum með það. Hugsast gat, og það var mín upphaflega

skoðun, að það væri frá elzta Heklugosinu síðan sögur hófust, gosinu 1104, en það lag hef ég kallað H_1 og rakið víða um Norðurland. Það sem gegn þessu mælti var það, að þetta lag er þykkast vestur í Húnavatnssýslum, en þynnist mjög er kemur austur í Þingeyjarsýslu og er greinilega þynnra þar en þetta lag á Jökuldalnum.

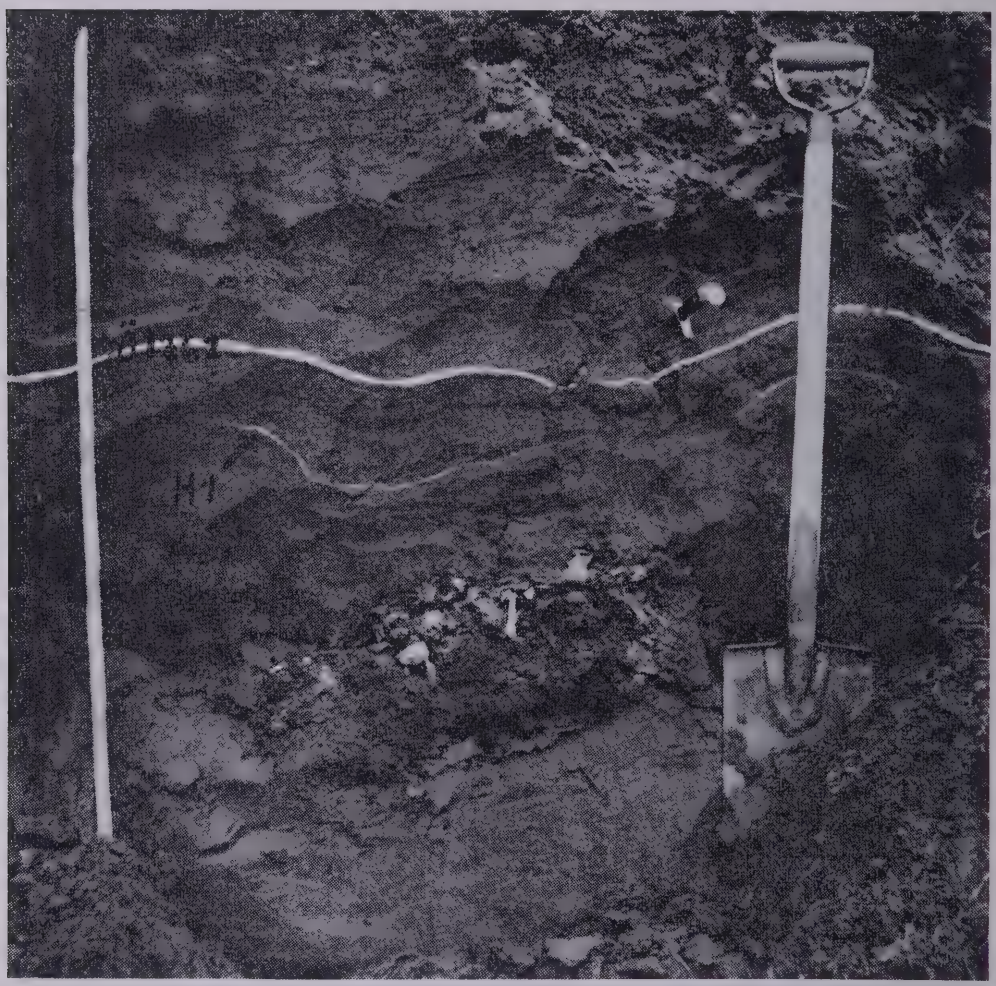
Í ritgerð minni The Öræfajökull Eruption of 1362, þar sem birt eru nokkur jarðvegssnið með þessu öskulagi, skrifaði ég: „Það virðist líklegt, enda þótt það sé ekki að fullu sannað, að þetta sé sama lagið og VIIb og því komið frá Grákollu. Því hefi ég kallað það G á jarðvegssniðum mínum" (Sig. Þórarinsson 1958, bls. 50).

Grákolla er gígur rétt austan Frostastaðavatns og frá honum taldi ég í þann tíð öskulag það, sem ég nefndi VIIb í doktorsritgerð minni, en það lag er frá allra fyrstu tíð norræns landnáms á Íslandi eða nokkru eldra. Sjálfur hef ég talið það frá um 850. Síðari rannsóknir mínar á svæðinu austur af Heklu hafa leitt í ljós, að lagið er ekki úr Grákollu, en líklegast frá Hrafntinnuhraunssvæðinu, en Grákollulagið er nokkru eldra og örugglega frá því fyrir landnám. Mér þótti því fréttin um beinafundinn ærið forvitnileg. Var minn góði sveitungi, Benedikt Gíslason, nú búinn að fá sönnun fyrir skoðunum sínum um landnám á Íslandi löngu fyrir hingaðkomu norrænna víkinga?

Athuganir mínar á Þórisstöðum staðfestu í öllu það sem sá glöggi og athuguli maður, Aðalsteinn bóndi, hafði sagt. Ljósa lagið „G", um ¾ cm þykkt, var þarna vissulega óhreyft, um 14 cm yfir beinahrúgunni og var eitt örþunnt svart öskulag milli beinahrúgunnar og „G" (sjá 11. mynd).

Þetta varð til þess að ég ferðaðist haustið 1962 um Brúaröræfi til að kanna nánar útbreiðslu öskulagsins „G". Átti ég það hreindýraskyttum að þakka, prófessorunum Snorra Hallgrímssyni og Kristni Stefánssyni að ég komst í þessa ánægjulegu reisu, sem fræddi mig um margt og sannfærði mig um að „G" væri raunverulega sama öskulagið og H_1.

Í bakka rétt suðvestan við Vaðbrekku liggur öskulagið „G" á mó. Sýnishorn af þessum mó hið næsta öskulaginu tók ég vorið 1962 og fyrir milligöngu Þorleifs Einarssonar jarðfræðings var það sent til aldursákvörðunar í Þrándheimi, þar sem það var aldursákvarðað 1963. Aldursákvörðunin styður mjög þá niðurstöðu að ljósa lagið „G" sé úr Heklugosinu 1104 (uppgefinn aldur er mið-



11. mynd. Jarðvegssnið hjá Þórisstöðum í Hrafnkelsdal, er sýnir hrúgu af kindabeinum undir óhreyfðum öskulögunum Ö 1362 og H 1104 (H_1). Lengd tommustokksins er 1 m.

Section through a loessial soil at Thórisstadir, Hrafnkelsdalur, E.-Iceland, showing a heap of sheep bones resting beneath the undisturbed light tephra layers Ö 1362 and H_1 (H 1104). Length of foot rule 1 m. — Photo S. Thorarinsson.

aður við árið 1950). Kindabeinahrúgan er, sem fyrr getur, um 14 cm undir þessu öskulagi óhreyfðu. Líkletg má því telja, að hún sé ekki yngri en frá landnámsöld. Víðar í Hrafnkelsdal eru mannvistarleyfar það djúpt undir þessu öskulagi, að ljóst má nú vera, að Hrafnkelsdalur hefur verið byggður löngu fyrir 1104. Er fyllsta ástæða til að kanna nánar fornar byggðarmenjar þar í dalnum með

tilliti til þess, hve auðvelt er að beita þar öskutímatali, þar sem bæði Heklulagið frá 1104 og Öræfajökulslagið frá 1362 er þar að finna.

Viðarkol úr brúnu vikurlagi í Rangárbotnum (15)
2660 ± 80 ár (St. 814)

Í þeirri 11 m djúpu holu í Rangárbotnum, sem áður var nefnd, var grábrúnt vikurlag 33 cm þykkt, 23 cm ofan við H_3 en á milli þessara laga var foklag, aðallega úr H_3 með tveimur svörtum öskulögum í (9. mynd, Cd 50). Í grábrúna vikurlaginu voru kögglar allt að 5 cm í þvermál og neðantil í því lagi var talsvert af smáum viðarkolamolum, og virðist sem þarna hafi verið eitthvert kjarr, er þetta vikurlag féll. Er vikurlagið vafalítið úr Heklu, og má rekja það vestur um Landssveit og norðvestur um Hreppa. Við Haukur Tómasson sendum viðarkol úr þessu lagi til aldursákvörðunar í Stokkhólmi, samtímis kolum úr H_3 og borgaði Raforkumálaskrifstofan einnig þessa aldursákvörðun. Getur komið sér vel að hafa þetta lag aldursákvarðað í sambandi við gróðursögu- og jarðvegsmyndunarrannsóknir á svæði því, sem það nær yfir, en útbreiðsla þess hefur ekki verið kortlögð enn.

Mór úr Seltjörn á Seltjarnarnesi (3)
9030 ± 280 ár (Y-247)
8780 ± 150 ár (H 404/370)

Árið 1954 tók ég sýnishorn af eðjubornum mó, sem er neðst í fjörumólaginu í Seltjörn (9. og 12. mynd) og því myndaður rétt eftir að land reis þarna úr sjó. Sýnishornið sendi ég til Yale og gaf aðeins upp, að aldurinn væri meiri en 5000 ár. Var aldursákvörðunin birt, ásamt sniðum er sýna legu sýnishornanna, í ritgerðinni Mórinn í Seltjörn. Nfr. 1956, bls. 185—186, en í sama hefti Nfr. birtust einnig ritgerðir um þennan mó eftir Þorleif Einarsson og Jón Jónsson.

Þessi aldursákvörðun mátti teljast mjög þýðingarmikil fyrir sögu afstöðubreytinga láðs og lagar á póstglasíal tíma. Þess vegna þótti öruggast, að treysta ekki á eina aldursákvörðun. Við Þorleifur Einarsson tókum því annað sýnishorn af neðsta mólaginu í Seltjörn,

LIBRARY

12. mynd. Fjörumór í Seltjörn. Myndin tekin þegar háfjarað var.
The submerged peat in Seltjörn at low tide. — Photo S. Thorarinsson.

nokkru norðar en það fyrra, og fyrir milligöngu prófessors Martin Schwarzbachs í Köln fékk Þorleifur sýnishornið aldursákvarðað við háskólann í Heidelberg (Sig. Þórarinsson 1958b, bls. 98—99). Ber aldursákvörðununum svo vel saman, að telja má nær fullsannað, að sá hluti Seltjarnarbotns, sem þessi mór liggur á, hafi verið risinn úr sæ fyrir 9000 árum. Er þessi aldursákvörðun, ásamt aldursákvörðun skelja á Suðurlandsundirlendinu og mónum undir Þjórsárhrauni, næg til þess að sanna, að ris landsins hefur verið mjög ört árþúsundið næsta eftir yngra holtasóleyjarskeiðið. Fara nú að skýrast línurnar í afstöðubreytingum láðs og lagar hér sunnanlands síðustu 10000 árin. Hins vegar vitum við enn lítið um afstöðubreytingar á því tímabili, sem liggur 10000—15000 ár að baki vorum dögum og er þar mjög vant C^{14} aldursákvarðana. Má benda á skeljalögin í Saurbænum sem vænleg til fróðleiks í þessu sambandi.

Þorleifur Einarsson:

Aldursákvarðanir á fornskeljum

Brúará við Spóastaði í Biskupstungum (18)
55 m y. s.
(Mytilus edulis, Zirphaea crispata, Saxicava arctica var. *rugosa)*
9930 ± 190 (T-362, 1963)

Hellisholtalækur í Hrunamannahreppi (17)
75 m y. s.
(Mytilus edulis)
9580 ± 140 (U-416, 1964)
9800 ± 150 (U-417, 1964)

Reykjavíkurflugvöllur (2)
13 m y. s.
(Pecten islandicus)
9940 ± 260 (U-413, 1964)
10450 ± 160 (U-414, 1964)
10230 ± 190 (U-415, 1964)
10310 ± 260 (U-412, 1964)

Víða sjást hér á landi á láglendi menjar hærri sjávarstöðu. Eru þetta einkum brimþrep, malar- og hnullungakambar, malarhjallar (fornir malarbakkar) og malar-, sand- og leirlög (deigulmór). Í sjávarsetinu, einkum í leirlögunum, finnast víða leifar sjávardýra, einkum skelja og kuðunga.

Í greinarkorni þessu verður fyrst gerð nokkur grein fyrir orsökum sjávarstöðubreytinga hér við land frá því að jökla síðustu ísaldar leysti og fram á okkar daga. Síðan verður rætt nokkuð um tímasetningu hæstu fjörumarka og raktar skoðanir og niðurstöður ýmissa vísindamanna um aldur þeirra. Loks verður greint frá aldursákvörðunum á sjóskeljum, sem lifðu hér við land, er sjávarsetið var að hlaðast upp. Aldursákvarðanirnar hafa verið gerðar með svokallaðri C^{14}-aðferð.

Orsakir sjávarstöðubreytinganna er einkum tvenns konar. Á síð-

1
2
3
4
5
32
45
40
62
50
45
110
90
65
60
55
70
60
43
32
90
45
51
46

ustu ísöld huldi þykkur jökulskjöldur meginhluta Íslands. Farg jökulsins þrýsti landinu allmikið niður og þar mest, sem jökulskjöldurinn var þykkastur. Í öðru lagi er þess að geta, að á ísöldum jökultímans var mikið af vatnsbirgðum jarðarinnar bundið í víðáttumiklum og þykkum meginlandsjöklum, sem á hámarki síðustu ísaldar huldu 1/4 landjarðarinnar. Í dag þekja jöklar 1/10 landjarðarinnar. Allt það vatn, sem bundið var í jöklum, var komið úr heimshöfunum, svo að sjávarborð hafanna mun hafa verið 100—150 m lægra á hámarki síðustu ísaldar en í dag. Þegar jöklar voru hvað stærstir á síðustu ísöld, mun því sá hluti landgrunnsins, sem liggur ofan 100 m dýptarlínu, hafa verið þurrlendi, að vísu víðast hulið jöklum, sem kelfdu í sjó fram.

Er leið á síðustu ísöld, fór loftslag stöðugt hlýnandi og rýrnuðu jöklar því mjög. Af völdum hins mikla leysingarvatns, sem bættist í heimshöfin, hækkaði sjávarborðið mjög ört, en jafnframt tók landið að rísa, er jökulfarginu létti. Hækkun sjávarborðsins var lengi vel hraðari en lyfting landsins, enda eru hreyfingar jarðskorpunnar alla jafna fremur hægar. Sjórinn fylgdi því hörfandi jöklunum fast eftir og flæddi fyrst yfir landgrunnsspilduna og síðan láglendið. Er lyfting landsins og hækkun sjávarborðsins voru orðnar jafnar, munu fjörumörk hafa verið hvað hæst hér á landi.

Jafnræði hreyfinganna mun hafa staðið alllangan tíma svo sem greinileg brimþrep og þykk sjávarset sýna. Jafnvægi þetta raskaðist, er jöklar nálguðust þá stærð, sem þeir hafa nú, og hækkun sjávarborðsins linnti, en lyfting landsins hélt áfram.

Eins og áður getur þrýsti jökullinn landinu mest niður, þar sem hann var þykkastur. Landið reis því meira inn til dala en á nesjum og skögum. Jökullinn hafði verið þykkastur um suðurhluta landsins (Guðmundur Kjartansson 1964). Þannig eru hæstu fjörumörk

---

13. mynd. Kort, sem sýnir hæð hæstu fjörumarka og svæði, sem voru undir sjó í lok jökultímans (svart). Einnig er sýnd lega jaðars meginjökulsins á Búðaskeiðinu: 1: Svæði undir sjó á síðjökultíma. 2: Jökuljaðar á Búðaskeiðinu. 3: Lega jaðars jökulsins á Búðaskeiðinu óviss. 4: Núverandi jöklar. 5: Hæð hæstu fjörumarka yfir núverandi sjávarmáli. — Kortið er samið í samræmi við ýmsar heimildir. *A compiled map showing the highest shore lines and areas submerged in Late Glacial Times in Iceland: 1: Submerged areas. 2: Margin of Budi stage glacier. 3: Uncertain margins of Budi stage glacier. 4: Present glaciers. 5: Height of highest shore lines.*

LIBRARY
BARAL INSTITUTE

í uppsveitum Árnes- og Rangárvallasýslu í um 110 m hæð, hjá Hjalla í Ölfusi í 55 m, í Hvaleyrarholti við Hafnarfjörð í 32 m, í Öskjuhlíð í Reykjavík í 43 m, í Helgafellssveit í 45 m og í dölum norðanlands og austan í 40—50 m hæð.

Í Skaftafellssýslu eru hæstu fjörumörk heldur ógreinileg og mun lægri en búast mætti við (í 46 m í Keldunúp á Síðu og 41,5 m hæð í Laxárdal í Hornafirði (Jón Jónsson 1957). Þetta stafar líklega af því, að jökulskjöldurinn mun hafa legið þar lengur yfir en annars staðar á landinu, svo að þetta landsvæði mun hafa lyfzt allmikið, meðan jökullinn lá enn yfir því. Annars munu hæstu fjörumörk umhverfis landið líklega vera mynduð nær samtímis.

Neðan hæstu fjörumarka er jökulurðin víðast skoluð og þvegin og hnullungar lábarðir. Í dölum eru víða þykk lög af lagskiptum leir (deigulmó), sem setzt hefur fyrir, þar sem sjávardýpið var meira. Eins og áður getur finnast víða í leirnum leifar sjóskelja og kuðunga, einkum í lækjar- og árbökkum.

Snemma munu menn hafa veitt skeljum þessum athygli, einkum þar sem þær finnast hátt yfir sjávarmáli og jafnvel tugi kílómetra frá sjó. Í innsveitum mun börnum hafa þótt fengur að fornum skeljum og kuðungum sem leikföngum. Vafalaust mun margur glöggur maðurinn hafa velt því fyrir sér, hvernig skeljarnar væru til komnar og þá einnig, hversu gamlar þær væru.

Skal á það bent, að meginhluti alls ræktaðs lands og a. m. k. ¾ allra byggðra bóla hér á landi eru á þessum forna sjávarbotni. Þá er og meginhluti ofaníburðar í vegi og steypuefnis tekinn úr fornum malarhjöllum.

Verður nú gerð stuttlega grein fyrir helztu hugmyndum og niðurstöðum innlendra náttúruskoðara og jarðfræðinga um aldur skeljanna og hæstu fjörumarka.

Í Ferðabók Eggerts Ólafssonar og Bjarna Pálssonar (Ferðabók II, bls. 233) er þess getið, að sjóskeljar finnist í leirbökkum í Árnessýslu 4—6 mílur (30—45 km) frá sjó. Á tveim stöðum í norðurbakka Sogsins fundu þeir skeljar. Geta þeir um kúfskel, hallloku og hörpudisk og voru sumar skeljarnar vaxnar hrúðurkörlum. „Það sem nú fundarstaðir skeljanna liggja langt uppi í landi og breið byggð milli þeirra og sjávar, og hefur svo verið frá landnámsöld, eins og sjá má af Landnámu, er ljóst, að skeljarnar hljóta að hafa lent þarna mörgum hundruðum ára áður en land byggðist.“ Einnig

geta þeir þess, að leirlögin séu eldri en Grímsneshraunið. Um þær mundir var jarðfræðin komin það stutt á veg, að menn höfðu enga hugmynd um hina miklu ísaldarjökla og þar af leiðandi ekki heldur um sjávarstöðubreytingar af völdum jökulmyndunar, svo að þeir töldu, að landið hefði lyfzt úr sjó vegna jarðhræringa eða umbrota og benda réttilega á, að mikil umbrot hafi átt sér stað á Þingvallasvæðinu.

Þorvaldur Thoroddsen og Helgi Pjetursson álitu báðir sjávarsetið myndað í lok jökultímans eða á nútíma. Guðmundur G. Bárðarson (1923), Jóhannes Áskelsson (1934, 1961) og Guðmundur Kjartansson (1943) töldu lindýrin í neðsta hluta sjávarsetsins bera vitni um kaldara loftslag en þau, sem finnast í yngra hluta setsins, en í því finnast skeljar og kuðungar, sem nú lifa við strendur landsins. Þeir töldu því, að yngri hluti setsins væri myndaður á nútíma. Eina skelin, sem finnst í sjávarsetinu og ekki lifir lengur hér við land, er jökultodda, sem nú lifir í svellköldum sjó í Norður-Íshafinu. Jökultodda hefur aðeins fundizt í sjávarseti í Saurbæ í Dalasýslu. Í sjávarsetinu við Faxaflóa og á Suðurlandsundirlendinu er allmikið um skeljar af hörpudisk, sem er sjaldgæfur í hlýja sjónum við ströndina á þessum slóðum í dag, en algengur í kaldari sjó við Vestfirði, Norðurland og Austurland. Þetta bendir til þess, að sjávarhiti hafi verið aðeins lægri, er setið var að setjast til en nú er. Þó er þess að gæta, að kalt jökulvatn hefur víða streymt til sjávar og í mun stærri mæli en nú er, þegar setið var að myndast, og kælt sjó á grunnsævi og sett sín mörk á dýralífið.

C^{14}-ákvarðanir á mó neðst úr fjörumónum í Seltjörn og frjórannsóknir í mýrum bentu til þess, að hæstu fjörumörk væru mun eldri en 9000 ára, líklega 10—15000 ára (Sigurður Þórarinsson 1956, Þorleifur Einarsson 1956, 1961).

Guðmundur Kjartansson (1943, 1958) hefur leitt að því rök, að hæstu fjörumörk í 110 m hæð í uppsveitum Árnessýslu séu aðeins eldri en jökulgarður, Búðaröðin, sem rekja má um þvert Suðurlandsundirlendið frá Vatnsdalsfjalli fyrir ofan Fljótshlíð allt til Efstadalsfjalls í Laugardal. Ruðningur Búðajökulsins er þar sjóvelktur upp í 90—100 m hæð, svo að landið hefur risið 10—20 m umfram sjávarborðshækkunina á Búðaskeiðinu.

Norðanlands má rekja slitróttan jökulgarð, Hólkotsröðina, frá Illugastöðum í Fnjóskadal, norðan Mývatns, um Möðrudalsöræfi

allt austur að Hauksstöðum á Jökuldal. Malarhjallar í 52 m hæð í Laxárdal í Suður-Þingeyjarsýslu og hæstu fjörumörk víðar í þessum landshluta munu svipuð að aldri og jökulgarðar Hólkotsstigsins (Sigurður Þórarinsson 1951).

Guðmundur Kjartansson og Sigurður Þórarinsson telja báðir, að jökulgarðar Búða- og Hólkotsstigsins, sem hér á eftir verður nefnt *Búðastigið,* séu svipaðir að aldri og jökulgarðar miklir, sem rekja má frá sunnanverðu Finnlandi (Salpausselkä), um Mið-Svíþjóð, yfir þveran Oslófjörð (Raene) og suður með honum og síðan vestanfjalls í Noregi a. m. k. norður til Harðangursfjarðar. Þessir miklu jökulgarðar ýttust upp samkvæmt sænsk-finnska hvarflagatímatalinu, frjórannsóknum og C^{14}-aldursákvörðunum á hinu svokallaða yngra holtasóleyjaskeiði fyrir 11000—10150 árum. Þegar jökullinn hörfaði frá þessum jökulgörðum fyrir 10150 árum er almennt talið, að jökultíma ljúki og nútími hefjist.

Eins og getið er um í inngangi þessa greinaflokks, eru um 20 ár síðan byrjað var að gera aldursákvarðanir á lífrænum leifum, einkum jurtaleifum, með C^{14}-aðferðinni. Nokkru síðar var tekið að gera tilraunir til slíkra aldursákvarðana á skeljum og kuðungum. Kalkkirtlar lindýra nota koltvíildi (koldíoxyd, CO_2) við gerð skeljanna.

Árið 1962 voru fyrstu sjóskeljarnar úr hinum forna sjávarleir sendar héðan til aldursákvörðunar til dr. R. Nydal við Laboratoriet for Radiologisk Datering við tækniháskólann í Þrándheimi. Skeljarnar, sem sendar voru, höfðu verið teknar í norðurbakka Brúarár, skammt ofan brúarinnar við Spóastaði. Sá staður er í 55 m hæð og um 40 km frá sjó. Aldursákvörðunin var gerð á skeljabrotum af kræklingi, bergbúa og rataskel. Aldur þessara skelja reyndist vera 9930 ± 190 (T-362).

Vorið 1963 voru sendar sjóskeljar frá tveim stöðum hér sunnanlands til dr. I. Olsson við Fysiska Institutionen í Uppsölum. Í öðru sýnishorninu var skel af kræklingi, sem safnað var í leirbakka við Hellisholtslæk í Hrunamannahreppi. Sá staður er í 75 m hæð og um 45 km frá sjó. Skeljunum safnaði Guðmundur Kjartansson árið 1941. Gerðar voru tvær aldursákvarðanir á sömu skelinni og gáfu þær 9580 ± 140 (U-416) og 9800 ± 150 (U-417) eða meðalaldurinn 9690 ár.

Í hinu sýnishorninu voru nokkrar samlokur af hörpudiski, sem

safnað var af Guðmundi Kjartanssyni í grunni skrifstofuhúss Loftleiða á Reykjavíkurflugvelli vorið 1963. Skeljarnar lágu í fínum sandi um 13 m y. s. Gerðar voru alls 4 aldursákvarðanir og allar á sömu skelinni og gáfu þær aldurinn 9940 ± 260 (U-413), 10450 ± 160 (U-414), 10230 ± 190 (U-415) og 10310 ± 260 (U-412) eða meðalaldurinn 10233 ár.

Niðurstöður C^{14}-aldursákvarðana sýna, að aldursákvarðanir á skeljum eru ekki jafn áreiðanlegar og ákvarðanir á plöntuleifum, þótt þær gefi greinilega „stærðargráðu" aldursins.

Af C^{14}-ákvörðunum á sjóskeljum má draga þá ályktun, að hæstu fjörumörk séu ekki yngri en 10000 ára og líklega um 11000 ára gömul. Einnig benda þær til þess, að Búðastigið samsvari Salpausselkä — Raene — stiginu í Skandinavíu.

Saga breytinga á sjávarstöðu við strendur Íslands á síðjökultíma og nútíma mun því nánast vera þessi:

Jökulskjöldur huldi mestan hluta landsins á síðustu ísöld jökultímans. Jökulfargið hafði þrýst landinu allmikið niður, og þar mest, sem jökullinn var þykkastur. Um leið og jökla leysti á láglendi, fylgdi sjór jökulröndinni eftir, enda hækkaði um líkt leyti í heimshöfunum, vegna mikils leysingavatns. sem í þau bættist, frá ört bráðnandi meginlandsjöklum. Er jökulfarginu létti, tók landið að rísa. Fyrir um 11000 árum var hækkun sjávarborðs í höfunum orðin jafnhröð lyftingu landsins og mynduðust þá hæstu fjörumörk, sem nú eru í 110 m í uppsveitum sunnanlands, en annars staðar á landinu víðast í 40—50 m hæð. Jökullinn, sem hörfað hafði upp í hálendisbrúnina, gekk um svipað leyti fram að nýju og ýtti upp miklum jökulgörðum (Búða- og Hólkotsröðin). Á Suðurlandi, í dölum Suður-Þingeyjarsýslu og á Fljótsdalshéraði gekk Búðajökullinn í sjó fram. Jöklar á utanverðu Snæfellsnesi, Vestfjarðakjálkanum og í fjallgörðunum milli Skagafjarðar og Skjálfanda gengu einnig fram, svo að skriðjökultungur teygðust niður í dalbotna og víða í sjó fram. Þetta kalda skeið, Búðaskeiðið, stóð líklega í tæp 1000 ár. Á þessu skeiði lyftist landið í innsveitum sunnanlands um 10—20 m umfram sjávarborðshækkunina. Búðajökullinn hörfaði frá jökulgörðunum fyrir rúmum 10000 árum. Á tímabilinu 10000—9000 ár hélt landið áfram að rísa, og fyrir 9000 árum var sjávarborðið komið niður fyrir núverandi sjávarmál (sbr. aldursákvarðanir á fjörumó úr Seltjörn). Á Suðurlandsundirlendinu fór

því þessi strandlínubreyting fram á 2000 árum, þ. e. landið hefur í innsveitum lyfzt um 5.5 m á öld að meðaltali umfram sjávarborðshækkunina. Annars staðar hefur lyftingin verið hægari. Síðustu árþúsundin er landið tekið að síga af óþekktum ástæðum á nýjan leik. Við innanverðan Faxaflóa virðist sigið vera af stærðargráðunni 15 cm á öld. (Um sjávarstöðubreytingar á síðjökultíma og nútíma sjá: Sigurður Þórarinsson 1955, Jón Jónsson 1957, Trausti Einarsson 1961).

Þorleifur Einarsson:

Frjógreining og C^{14}-aldursákvarðanir

Moldhaugar í Eyjafirði (6).
7920 ± 170 (H404/370 1960)

Myndun flestra íslenzkra mómýra hófst, er jökla síðustu ísaldar leysti, en á láglendi neðan hæstu sjávarmarka, er land reis úr sjó. Jurtaleifar tóku að safnast fyrir í dældum og dölum. Með ári hverju lagðist nýtt lag jurtaleifa ofan á og mýrarnar þykknuðu smám saman, svo að nú eru þykkar mómýrar algengar um land allt.

Ár hvert dreifa jurtir út ógrynnum af smásæju frjódufti; einkum er frjóframleiðsla vindfrævaðra jurta mikil. Frjókornin eru mjög smá eða aðeins 1/100—1/10 mm að stærð. Auk stærðarmismunarins eru frjókorn einstakra jurtaætta og jafnvel tegunda frábrugðin að gerð og lögun. Sá hluti frjóregnsins, sem fellur í þurran jarðveg, eyðileggst, en sá hluti, sem fellur í mýrar og tjarnir, geymist þar um aldur og ævi.

Frjóhlutfallið í hverju árslagi mósins samsvarar nokkurn veginn gróðrinum, sem óx í mýrinni eða nágrenni hennar á hverjum tíma. Á þennan hátt skráir frjóregnið sögu umhverfisins. Aðferðin til að ráða þessar rúnir mýranna nefnist frjógreining. Úr mýrarsniðinu eru tekin sýnishorn með 5—10 cm millibili. Sýnishornin eru soðin í kalílút og sýrum og síðan brugðið undir smásjá og 200—1000 frjókorn greind og talin. Hundraðshluti frjókornanna úr hverju sýnishorni er síðan reiknaður út og færður inn á línurit, svokallað frjólínurit. Af frjólínuriti má síðan lesa gróðurfarssögu og út frá henni má

draga ályktanir um loftlagssögu. Einnig koma áhrif 1100 ára búsetu í landinu á gróðurfar greinilega í ljós í frjólínuritunum.

Frjólínuritum, sem ná yfir allan tímann frá síðjökultíma eða upphafi nútíma og fram á okkar daga, má skipta í 4 skeið. Fyrsta eða elzta skeið frjólínuritanna sunnanlands einkennist af algerri vöntun birkis. Birkið kemur á þessu svæði fyrst til sögunnar um líkt leyti og mór fór að myndast í Seltjörn fyrir um 9000 árum (sbr. grein um Seltjörn hér að framan). Á svæðinu frá Eyjafirði til Austfjarðafjalla virðist birkið komið til sögunnar á þessu skeiði. Er því líklegt, að fyrsta sveifla birkilínunnar í frjólínuritunum norðanlands samsvari birkilausa tímabilinu sunnanlands. Elzta skeiðinu er talið ljúka, þegar birkið breiddist út um land allt fyrir 9000 árum, og þar með hefjist birkiskeiðið fyrra (Þorleifur Einarsson 1961, 1962).

C^{14}-aldursákvarðaða sýnishornið, sem getið er í upphafi greinarinnar var tekið úr bakka mýrarskurðs rétt neðan þjóðvegar hjá Moldhaugum í Glæsibæjarhreppi í Eyjafirði í 75 m hæð yfir sjó, þ. e. a. s. um 35 m fyrir ofan hæstu fjörumörk á svæðinu. Sýnishornið var valið þannig, að það lægi í mó, sem samkvæmt frjórannsóknunum væri myndaður snemma á fyrra birkiskeiðinu. Mýrarþversniðið var 270 cm að hæð.

Í mýrarsniðinu frá Moldhaugum voru m. a. 4 aldursákvörðuð öskulög frá Heklu, en við frjórannsóknir í yngri hluta mýrasniða hefur verið stuðzt mjög við aldursákvörðuð öskulög. Í sniðinu voru m. a. öskulögin:

H_1 = (öskulag frá Heklugosinu 1104) 21 cm frá yfirborði
H_3 = (Hekluaska 2700 ára gömul) 34 cm frá yfirborði
H_4 = (Hekluaska 4000 ára gömul) 57 cm frá yfirborði
H_5 = (Hekluaska 6600 ára gömul) 165 cm frá yfirborði

(Um aldursákvarðanir á öskulögum sjá grein Sigurðar Þórarinssonar hér að framan).

Sýnishornið var tekið 225 cm frá yfirborði og um 60 cm neðan öskulagsins H_5. Ég hafði gert ráð fyrir, að sýnishornið væri a. m. k. 9000 ára gamalt. C^{14}-ákvörðun, sem gerð var á sýnishorninu í eðlisfræðistofnun háskólans í Heidelberg, gaf aldurinn 7920 ± 170 ár (H 404/370).

Þessi aldursákvörðun virðist sýna heldur lágan aldur. Mun enn

þurfa nokkrar C^{14}-ákvarðanir, þar til unnt verður að bera saman með nokkurri vissu frjórannsóknir í elzta hluta mómýranna víðs vegar um land.

Guðmundur Kjartansson:

Aðrar C^{14}-aldursákvarðanir úr ýmsum landshlutum

Hér á eftir verður í stuttu máli greint frá C^{14}-aldursákvörðunum, sem gerðar hafa verið hér á landi að tilhlutan annarra jarðfræðinga. Þær eru allar teknar upp úr prentuðum heimildum, sem hér verður vitnað í.

Mór undir Elliðaárhrauni (1)
5300 ± 340 ár (Chicago)

Að tilvísun Jóhannesar heitins Áskelssonar tók hollenzkur jarðfræðingur, J. Hospers, sýnishorn af yfirborðslagi mós, sem liggur fast undir hrauninu við Elliðaárnar, örskammt ofan við brúna á Suðurlandsbraut. Mórinn var aldursgreindur af próf. W. F. Libby í Chicago (Hospers 1953 og Jóh. Ásk. 1953). Þorleifur Einarsson (1960) telur hraunið við Elliðaárnar upp komið úr Leitagíg sunnan undir Bláfjöllum, og hafi þaðan runnið hraun bæði norður af, niður í Elliðavog, og suður af, til sjávar hjá Þorlákshöfn. Aldursgreiningin bendir til, að þetta geysimikla hraun sé um 5000 ára gamalt.

Mór undir Grábrókarhrauni (4)
3700 ± 120 ár (H 146/124)

Martin Schwarzbach, prófessor í Köln, náði sýnishorni af mólagi í leirbakka við Hrauná, fast við jaðar Grábrókarhrauns. Mólagið virðist eindregið liggja inn undir hraunið, en ekki varð þó alveg örugglega úr því skorið. Mórinn var aldursgreindur af K. O. Münnich í Physikalisches Institut við háskólann í Heidelberg (Schwarzbach 1956).

Fjörumór í Stokksnesi (10)
6510 ± 100 ár (U 2)

Jón Jónsson jarðfræðingur tók sýnishorn úr 3 m þykku mólagi á sjávarströndu í Stokksnesi í Hornafirði. Yfirborð sýnishornsins var 210 cm í jöðru niðri og 200 cm undir haffleti um flóð, en neðraborðið 15 cm dýpra. Fast ofan við þann hluta jarðvegssniðsins, sem sýnishornið var tekið úr, eru miklar leifar af birki í mónum. Sýnishornið var aldursgreint af dr. Ingrid Olsson í Eðlisfræðistofnun Háskólans í Uppsölum. Niðurstaðan sýnir, að fyrir h. u. b. 6500 árum lá sjávarborð a. m. k. 2 m lægra en nú að miða við land í Hornafirði (Jón Jónsson 1957).

Mór undir Skeiðarárjökli (11)
4970 ± 100 ár (U 77)

Á Skeiðarársandi hafa menn alloft fundið hnausa af mókenndum jarðvegi fram komna undan Skeiðarárjökli. Þeir sýna, að jökullinn er að skafa burt leifarnar af fornri mómýri einhvers staðar í bæli sínu. Sumarið 1951 rannsakaði Jón Jónsson móhnaus einn, um 1 m^3 að rúmmáli, sem hann fann í farvegi eftir Skeiðarárhlaupið 1948 um 500 m framan við jökulröndina. Sýnishorn af mónum var aldursákvarðað af Ingrid Olsson í Uppsölum (Jón Jónsson 1960).

Viðarleifar í jarðvegi á Landbrotshrauni (12)
1710 ± 120 ár og
1910 ± 120 ár (U 3)

Hjá Ytra-Dalbæ í Landbroti er jarðvegur yfir Landbrotshrauninu með þykkasta móti, og hefur Jón Jónsson athugað snið af honum í bakka vatnsrásar, sem hefur grafizt niður á hraun. Í neðanverðum bakkanum fann hann miklar gróðurleifar, „lurkalag", og var þó um 50—80 cm þykkt moldarlag þar undir ofan á hrauninu. Jón fékk sýnishorn af lurkalaginu aldursákvarðað af dr. Ingrid Olsson í Uppsölum árið 1957. Tvær ákvarðanir voru gerðar, og ber sæmilega saman, þar sem meðaltalið, 1810 ár, liggur innan skekkjutakmarka beggja. Þessi aldursgreining leiðir í ljós, að Landbrotshraunið er miklu eldra en fróðir menn höfðu áður getið sér til. Þorvaldur Thoroddsen taldi líklegt, að það hefði runnið skömmu

LIBRARY
BOTANICAL INSTITUTE

eftir landnám, en Sigurður Þórarinsson fyrir landnám, þó naumast fyrr en um 700 e. Kr. Aftur á móti telur Jón Jónsson nú „að Landbrotshraunið sé vart yngra en 2000 ára gamalt“ (Jón Jónsson 1958).

Kolaðir viðarstönglar undir Nesjahrauni (21)
1880 ± 65 ár (H 1716-1240)

Kristján Sæmundsson, jarðfræðinemi við Háskólann í Köln, fann mold undir gjalli eins gígsins á þeirri sprungu, sem Nesjahraun í Grafningi hefur komið upp um. En á mótum moldar og gjalls fann hann kolaða trjástofna og greinar, sem hrísluðust upp í gjallið. Viðurinn hefur bersýnilega kolazt í þessu eldgosi. Kristján fékk viðarkolið aldursgreint í Physikalisches Institut við Háskólann í Heidelberg árið 1961. Samkvæmt útkomunni hefur Nesjahraun runnið eitthvað um 80 árum eftir Krists burð (Kristján Sæmundsson 1962 og 1963).

HEIMILDARIT — REFERENCES

Áskelsson, Jóhannes. 1934. Quartärgeologische Studien von Island I. — Geol. Fören. Stockh. Förh. 56:596—618.

— 1953. Nokkur orð um íslenzkan fornfugl og fleira. Náttúrufr. 23: 133—137

— et al. 1960. On the Geology and Geophysics of Iceland. — Int. Geol. Congr. XXI. Guide to excursion A2. Copenhagen.

— 1961. Um íslenzka steingervinga. — Náttúra Íslands, 47—63, Reykjavík.

Bárðarson, Guðmundur G. 1923. Fornar sjávarminjar við Borgarfjörð og Hvalfjörð. — Rit Vísindafélags Íslands I, 118 bls., Akureyri.

Einarsson, Trausti. 1961. Das Meeresniveau an den Küsten Islands in postglazialer Zeit. — N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., 9: 449—473, Stuttgart.

Einarsson, Þorleifur. 1956. Frjógreining fjörumós úr Seltjörn. — Náttúrufr. 26: 194—198.

— 1961. Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Klimageschichte Islands. — Sonderveröff. d. Geol. Inst. d. Univ. Köln. 52 bls., Köln.

— 1962. Vitnisburður frjógreiningar um gróður, veðurfar og landnám á Íslandi. — Saga, 442—469, Reykjavík.

Einarsson, Th. and Tómasson, H. 1962. Búrfell. General Geology. — Report to the State Electricity Authority, Reykjavík (mimeographed).

Hospers, J. 1953. Reversals of the Main Geomagnetic Field. I. — Proc. Acad. Sci. Amst., Series B, 56: 467—476.

Jónsson, Jón. 1957. Notes on changes of sea-level on Iceland. — Geogr. Ann. Stockh. 39: 143—212.

Jónsson, Jón. 1958. Landbrotshraunið. — Náttúrufr. 28: 90—96.
— 1960. Mórinn á Skeiðarársandi. — Náttúrufr. 30: 36—38.
Kjartansson, Guðmundur. 1943. Jarðsaga. Árnesinga saga I. — 248 bls., Reykjavík.
— 1957. Langisjór og nágrenni. — Náttúrufr. 27: 145—173.
— 1958. Jarðmyndanir í Holtum og nágrenni (The Geology of Holt in Rangárvallasýsla, South Iceland). — Atvinnudeild Háskólans, Rit Búnaðardeildar, 22 bls., Reykjavík.
— 1960. The Thjórsá Lavas (Thjórsárhraun) — On the Geology and Geophysics of Iceland. — Int. Geol. Congr. XXI. Guide to excursion A2, 38—41, Copenhagen.
— 1961 a. Glefsur úr jarðfræði. — Árbók Ferðafélags Íslands 1961, 17—29.
— 1961 b. Tungnaá. Skýrsla um jarðfræðirannsóknir á hugsanlegum virkjunarstöðum. (Fjölrituð skýrsla til raforkumálastjóra).
— 1961 c. Tungná. — Ísland í máli og myndum, 23—31, Reykjavík.
— 1964. Ísaldarlok og eldfjöll á Kili. (The Retreat of the Last Glacial Icesheet and some Volcanoes in the Kjölur Area, Central Iceland). — Náttúrufr. 34: 9—38.
Preston, R. S., Perron, E. and Dewey, E. S. 1954. Yale natural carbon measurements II. — Science 122: 954—960.
Schwarzbach, M. 1956. Das Vulkangebiet von Hredavatn (West-Island). — Neues Jb. Geol. Paläont. Abh. 104, 1—29.
Sæmundsson, Kristján. 1962. Das Alter der Nesja-Lava (Südwest-Island). — Neues Jb. Geol. Paläont., Mh. 12, 650.
Tauber, H. 1960. Copenhagen Natural Radiocarbon Measurements III. — Amer. J. Sci. Radiocarb. Supplement, 2: 5—11.
Thorarinsson (Þórarinsson), S. 1951. Laxárgljúfur and Laxárhraun. A Tephochronological Study. — Geogr. Ann. Stockh. 33: 1—88.
— 1954 a. The Tephra-fall from Hekla on March 29th 1947. — The Eruption of Hekla II, 3, 1—68. Reykjavík.
— 1954 b. Tímatal í jarðsögunni. — Andvari 79: 31—55. Reykjavík.
— 1955. Nákuðungslögin við Húnaflóa (The Nucella Shore-line at Húnaflói). — Náttúrufr. 25: 172—186.
— 1956. Mórinn í Seltjörn. (The Submerged Peat in Seltjörn). — Náttúrufr. 26: 179—193.
— 1958 a. The Öræfajökull Eruption of 1362. — Acta Nat. Isl. II, 2: 1—100.
— 1958 b. Ný aldursákvörðun á fjörumónum í Seltjörn. — Náttúrufr. 28: 98—99.
— 1961. Uppblástur á Íslandi í ljósi öskulagarannsókna (Wind Erosion in Iceland). — Ársrit Skógræktarfél. Ísl. 1961: 17—54.
— 1962 a. Trjáför í Hverfjalls- og Hekluvikri (Trees buried in Hverfjall and Hekla tephra). — Náttúrufr. 32: 124—131.
— 1962 b. L'érosion éolienne en Islande à la lumière des études tephrachronologiques. — Revue de geomorphologie dynamique.
— *Einarsson, T. and Kjartansson, G.* 1960. On the Geology and Geomorphology of Iceland. — Geogr. Ann. Stockh. 41: 135—169.

SUMMARY

C^{14} Datings of Quaternary Deposits in Iceland

by *Kjartansson, G., Thorarinsson, S. and Einarsson, Th.*

Introductory

by *Sigurdur Thorarinsson*

Museum of Natural History, Department of Geology, Reykjavík.

Since 1950 geologists have collected a lot of samples in Iceland for C^{14} datings and these samples have been dated at different laboratories in Europe and America. Most of these samples have been collected and submitted to dating by the authors of the paper here presented. They have felt it justified to list all the datings in one paper, together with the datings of samples collected by others, for the convenience of students of the Quaternary geology of Iceland, who otherwise would have to seek these datings in a great number of papers.

In the present paper the localities and sections where the samples were taken are shortly described, the purpose of the dating is outlined and the consequences of the determined ages briefly discussed. The figures in brackets refer to the key map Fig. 1. The results given are expressed in years B. P.

The authors are greatly indebted to the directors and staffs of the C^{14} dating laboratories where the samples have been dated.

Dating of Some Lava-Flows in S and SW Iceland

by *Guðmundur Kjartansson*

Museum of Natural History, Department of Geology, Reykjavík.

Peat underlying the Thjórsá Lava at Þjórsárbrú (16)
8065 ± 400 years (W-482)
8170 ± 300 years (W-913)

Both samples were taken from the surface layer of the peat and may be considered of practically the same age as the overlying lava (Fig. 2). This lava-flow, called the (Great) Thjórsá Lava (Þjórsárhraun), is the largest known lava-flow in Iceland and even on Earth (Fig. 3). The structure and surface forms of this huge flow are everywhere those of a postglacial lava that has never been covered by a glacier or by the sea. Therefore, its dating at about 8000 years B. P. also shows that by that time the last glacial ice-sheet had receded at least so far inland as to leave the whole course of the lava-flow ice-free. As the source of the Thjórsá Lava — probably an eruptive fissure, now buried under younger volcanic products — is situated in the part of the Central Highlands from where the glacial striæ radiate in all directions, the dating of this lava-

flow indicates an almost complete deglaciation of the country as early as 8000 years ago. Further, the above circumstances show that the isostatic uplift of the country had by that time brought the shoreline down to its present level or even lower.

Peat overlying the Thjórsá Lava in the beach at Stokkseyri (19)
1910 ± 250 years (W-909)

The sample was taken in the tidal zone 150 cm below the high-water mark from a thick layer of peat. A diatom analysis of the sample by Jón Jónsson reveals an almost 100 per cent freshwater flora. This fact indicates a considerable rise of the sea level during the last 2000 years.

Plant remains in silt deposited in Krókslón (13)
5290 ± 250 years (W-911)

"Krókslón" is a name given to a short-lived lake, formed by a lava-flow damming up the glacial river Tungná, which in turn nearly filled the lake basin with silt and then drained it to the bottom by cutting a deep outlet gorge (Fig. 4). The sample for radiocarbon analysis, consisting of the aquatic moss species *Hygrohypnum ochreum,* was taken from the bottom layer of silt deposited on the edge of the damming lava. This lava-flow, called "Stífluhraun", is a young — probably the youngest but one — member of the so-called Tungná Lavas (of which the great Thjórsá Lava seems to be the oldest; see map, Fig. 3). According to the age determination of the plant remains the age of the "Stífluhraun" may be estimated at about 5400 years.

Carbonized plants underlying the lava Þingvallahraun at the Sog (20)
9130 ± 260 years (W-1912)

A stratigraphic section of the gorge of the Sog is sketched in Fig. 6. The plant remains, mostly or exclusively consisting of the moss species *Rhacomitrium lanuginosum,* were obviously carbonized by the heat of the overlying lava-flow as it flooded the area. This great lava must therefore be of practically the same age as the plant remains, or, according to the above determination, about 9100 years old.

C^{14} Datings connected with Tephrochronology

by *Sigurdur Thorarinsson*

Museum of Natural History, Department of Geology, Reykjavík.

Most of the samples collected by Thorarinsson for C^{14} dating are connected with his attempt to establish a tephrochronological time scale for the post-glacial deposits in Iceland. The aim has been to date the most widespread tephra layers in the country or to support their tephrochronological dating. The C^{14} dated layers can be used for datings where the C^{14} method is not applicable,

e. g. dating of purely minerogenic deposits. Already before the application of the C^{14} method a tolerably exact tephrochronology for the last 5000 years or so had been established as shown e. g. by the good agreement between the tephrochronological and the C^{14} dating of the layers H_3 and H_4.

The combination of C^{14} datings and tephrochronology offers great possibilities for the establishing of a detailed and exact chronology of postglacial deposits and postglacial development in Iceland and is also important from a volcanological point og view.

Charcoal beneath the lava-flow Laxárhraun yngra (8)
1940 ± 270 years (Y-87)
2110 ± 140 years (K-139)
1990 ± 50 years (Winnipeg)

The charcoal was formed when the lava overflowed vegetation-covered ground near the mouth of the Laxá canyon. The section is shown on Fig. 7. Estimated age of the flow was 2050 ± 250 years.

Of the same age as this flow are the famous pseudocrater groups in the Mývatn area and the diatomite deposits on the bottom of the southern part of lake Mývatn, which rests on this lava flow.

Peat beneath the tephra layer H_3 in Eyjafjörður, N.-Iceland (7)
2720 ± 130 years (Y-85)

Charcoal formed when a birch tree was buried by layer H_3 in Rangárbotnar (14)
2820 ± 70 years (St. 813)

The rhyolitic Hekla layer H_3 is the biggest tephra layer produced in Iceland in Postglacial Time and covers about 80% of the country's area. The estimated age was "not less than 2500 — probably nearer 3000 — year old". The position of this layer in the stratigraphy of the Icelandic peatbogs (cf. Fig. 9) shows that the severe subatlantic climatic deterioration began about 600 B. C.

Peat beneath the tephra layer H_4 in Eyjafjörður, North Iceland (7)
4200 ± 150 years (K-120)
3850 ± 150 years (K-120)
Aver. 4030 ± 150 years

This Hekla tephra layer is the second biggest postglacial tephra layer in Iceland and covers about the same area as H_3. Both are found all over N and NE Iceland (cf. Figs. 8 and 10) as well as in the central part of the country. Estimated age was "about 4000 years".

Peat beneath the tephra layer H_5 in Eyjafjörður, North Iceland (5)
6520 ± 190 years (K-141)
6710 ± 250 years (K-141)
Aver. 6610 ± 170 years

This layer is the oldest rhyolitic Hekla layer found in postglacial soils in Iceland. Spread over central and northern Iceland (cf. Figs. 9 and 10). Estimated age "7000—8000 years, probably somewhat less".

Peat beneath the tephra layer H_1 in Hrafnkelsdalur, E.-Iceland (9)
770 ± 90 years (T-394)

The sample was collected for dating in order to clear up some doubt as to whether this rhyolitic layer, found in E Iceland, was produced by Hekla's first eruption in Historical Time (1104 A. D.) or possibly of prehistoric age. At the farmruin Thorisstadir in Hrafnkelsdalur a heap of sheep bones was found beneath this layer (cf. Fig. 11). The C^{14} dating as well as field studies of the extension of this layer leave no doubt that this layer is the 1104-layer. The first settlement in Hrafnkelsdalur is considerably older, and may well be from the Settlement Time (870–930 A. D.).

Charcoal in brown tephra layer short NW of Hekla (15)
2660 ± 80 years (St. 814)

This tephra layer (Fig. 9, Cd 50), produced by Hekla, has spread towards NW. It may prove useful for a more exact dating of the beginning of the Subatlantic climatic deterioration in Iceland.

Bottom layer of a submarine peat in Seltjörn, SW Iceland (3)
9030 ± 280 years (Y-247)
8780 ± 150 years (H 404/370)

This dating is of a great importance for our knowledge of the postglacial shore line development in Iceland as it proves that 9000 years ago the sea level was at least about 2 m below the present one.

The isostatic uplift during the first millenium after the end of the Younger Dryas Period has been very rapid.

Radiocarbon dating of subfossil shells

by *Thorleifur Einarsson*

University Research Institute, Reykjavík, Iceland.

Brúará at Spóastaðir in Biskupstungur (18)
55 m above sea level.

(*Mytilus edulis; Zirphaea crispata, Saxicava arctica* var. *rugosa*)
9930 ± 190 years (T-362, 1963)

Hellisholtalækur in Hrunamannahreppur (17)
75 m above sea level.
(*Mytilus edulis*)
9580 ± 140 years (U-416, 1964)
9800 ± 150 years (U-417, 1964)

Reykjavíkurflugvöllur (airport) (2)
13 m above sea level.
(*Pecten islandicus*)
9940 ± 260 years (U-413, 1964) **10230 ± 190 years (U-415, 1964)**
10450 ± 160 years (U-414, 1964) **10310 ± 260 years (U-412, 1964)**

Raised beaches are known in all parts of Iceland (Fig. 13). The evidence of higher sealevel are old sea-cliffs, gravel terraces and bedded marine clays with subfossil molluscs. The highest shorelines seem to be synchronous all over the country except in eastern part of S-Iceland where they are slightly younger. The varying height of the raised beaches, 110 m in southern Iceland, 80—90 m in Borgarfjörður, W-Iceland, and 40—50 m in western, northern and eastern Iceland, is a result of different downwarping of Iceland caused by the ice-sheet during the last glaciation, and of the subsequent isostatic recovery.

The radiocarbon dated molluscs (shells) were collected from marine clays at different heights above sea level. The radiocarbon age for all of them lies between 9580 ± 140 and 10450 ± 160. In general the molluscs from the marine clays indicate slightly lower sea temperature than to-day.

According to former investigations the highest shorelines seem to be a little older than the end-moraines of the Búdi-stage, which appear to be comparable to the Salpausselkä-Raene stage in Scandinavia, i. e. Younger Dryas. The highest shorelines seem therefore to be of late Alleröd or Younger Dryas age. The highest shorelines were developed when eustatic and isostatic movement were in balance. During the Búdi-stage the uplift was approximately 10—20 m in southern Iceland. The isostatic recovery was then relatively rapid and the sea had reached the present level at 9000 B. P. (cf. radicarbon datings in Seltjörn). The isostatic recovery slowed down and kept pace with eustatic sealevel rise during the Boreal and Atlantic periods. Only at Hrútafjörður, westernmost North-Iceland, is there evidence of an Atlantic-Sub-Boreal transgression (*Nucella*-transgression) with a following regression. In Sub-Atlantic times there has been a transgressive trend on the coasts of Iceland. In the Reykjavik area the subsidence seems to be about 15 cm a century.

Pollen zonation and radiocarbon datings

by *Thorleifur Einarsson*

University Research Institute, Reykjavík, Iceland.

Moldhaugar (6)
7920 ± 170 years (H 404/370 1960)

Pollen analysis in Icelandic peat bogs reveals that most of the pollen diagrams can be divided into 4 pollen zones:

A. Late glacial + early Holocene. In eastern N-Iceland there is a small Betula-maximum, whereas the southern part of Iceland was *Betula*-free.
B. Boreal + Atlanticum. The first great *Betula*-maximum followed by a *Betula*-minimum with a *Sphagnum*-maximum caused by higher humidity in Atlantic times.
C. Sub-Boreal + lower part of Sub-Atlanticum. Second great *Betula*-maximum. After 2700 B. P. the climatic deterioration sets in.
D. Historical time, from A. D. 870. The influence of man is clearly re-

flected, the *Betula*-forest decreases rapidly, and there is a sharp increase of Graminae as well as the appearance of cultural indicators.

The pollen analytical studies in Iceland are greatly faciliated by the numerous radiocarbon dated tephra layers in the bog profiles. In the lowest part of the bog profiles, older than H_5, 6600 B. P., tephra layers are lacking due to the effusive character of volcanism in Iceland during late glacial and early Holocene times. Radiocarbon datings at the bottom of submerged peat in Seltjörn by Reykjavik seems to fix the age of the transition of pollen zone A to pollen zone B at 9000 B. P. in southern Iceland.

For the purpose of correlating the transition of pollen zone A and B in southern and northern Iceland, a peat sample was taken from a bog profile at Moldhaugar, Eyjafjörður, N-Iceland. The sample is from the deepest part of pollen zone B. The radiocarbon age of this sample (H 404/370) is 7920 ± 170 years B. P. and seems to be a little lower than the age estimated from the pollen diagrams.

Other Radiocarbon Age Determinations in Iceland

by *Guðmundur Kjartansson*

Museum of Natural History, Department of Geology, Reykjavik.

Peat from the base of the lava-flow Elliðaárhraun (1)
5300 ± 340 years (Chicago)

Sampled and submitted by J. Hospers.

Peat, in all probability underlying the lava-flow Grábrókarhraun (4)
3700 ± 120 years (H 146/124)

Sampled and submitted by Martin Schwarzbach.

Submerged peat from the beach of Stokksnes (10)
6510 ± 100 years (U 2)

Sampled and submitted by Jón Jónsson.

Lump of peat washed out from below the snout of the glacier Skeiðarárjökull (11)
4970 ± 100 years (U 77)

Sampled and submitted by Jón Jónsson.

Tree trunks from soil on the lava Landbrotshraun (12)
1710 ± 120 years and
1910 ± 120 years (U 3)

Sampled and submitted by Jón Jónsson.

Carbonized trunks under the lava-flow Nesjahraun (21)
1880 ± 65 years (H 1716-1240)

Sampled and submitted by Kristján Sæmundsson.

Date Due

44839 Pam:550.93:(*35) KJA

KJARTANSSON, Gudmundur et al.
AUTHOR
Carbon 14 -aldursakvarthanir a
TITLE synishornum varthandi islenz-
ka kvarterjarthfraethi = datings...

DATE LOANED	BORROWER'S NAME	DATE DUE

Pam: 550.93:(*35) KJA

KJARTANSSON, Gudmundur et al.

Carbon 14 -aldursakvarthanir a
synishornum .....

#44839

BOREAL INSTITUTE FOR NORTHERN STUDIES, LIBRARY
THE UNIVERSITY OF ALBERTA
EDMONTON, ALBERTA T6G 2E9
CANADA

University of Alberta Library
0 1620 0329 4277